

BAB III

PERENCANAAN PERHITUNGAN

3.1 Parameter - parameter Proses Produksi

Parameter-parameter yang digunakan pada proses pembuatan ketel uap tipe kombinasi pipa api dan pipa air, adalah sebagai berikut:

1. Parameter proses pegerolan (Rolling)
 - Gaya pembengkokan (F_b)
 - Daya pembengkokan (P_b)
 - Pertambahan panjang bahan (B)
2. Parameter proses permesinan
 - Kecepatan potong (v)
 - Kecepatan makan (v_f)
 - Waktu pemotongan (t)
3. Parameter proses pengelasan
 - Daya listrik (N)
 - Panas yang ditimbulkan (H)
 - Ketebalan kampuh (a)
 - Kekuatan sambungan las (P)

3.2 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian meliputi:

1. Memahami produk dalam bentuk assembling.

2. Melakukan analisa produk dan analisa proses yang hasilnya dapat ditampilkan dalam bentuk table berikut:

A. Analisa Produk

Tabel 3.1 Analisa Produk

No.	Nama Komponen	Spesifikasi Material	Tegangan kerja (σ_t)	Tebal bahan
1.	Boiler 1	Plat baja ketel HI	140 N/mm ²	4mm
2.	Co-Boiler 1	Plat baja ketel HI	140 N/mm ²	4mm
3.	Boiler 2	Plat baja ketel HI	140 N/mm ²	4mm
4.	Tutup ketel	Plat baja ketel HI	140 N/mm ²	6,5mm
5.	Pipa ketel	Baja karbon (SC)	150 N/mm ²	4mm

B. Analisa Proses

Tabel 3.2 Analisa Proses

No.	Nama Komponen	Spesifikasi Material	Proses Permesinan yang digunakan
1.	Boiler 1	Plat baja ketel HI	Proses pemotongan, proses pembengkokan, proses pengelasan, proses penggurdian
2.	Co-Boiler 1	Plat baja ketel HI	Proses pemotongan, proses pembengkokan, proses pengelasan, proses penggurdian
3.	Boiler 2	Plat baja ketel HI	Proses pemotongan, proses pembengkokan, proses pengelasan, proses penggurdian
4.	Tutup ketel	Plat baja ketel HI	Proses pemotongan, proses pembengkokan, proses pengelasan, proses penggurdian
5.	Pipa ketel	Baja karbon (SC)	Proses pemotongan, proses pengelasan

C. Data-data Hasil Penelitian

Pada perencanaan ketel uap ini sesuai dengan data yang ada, yaitu mempunyai tiga buah drum, yang terdiri dari boiler I, co-boiler I dan boiler II, dimana boiler I dan co-boiler I dipasang berhimpit, sedangkan boiler II dipasang di samping, sehingga ketiga boiler membentuk kedudukan horizontal unit boiler. Boiler I dan co-boiler I dihubungkan dengan pipa uap ke air boiler II. Ukuran ketiga boiler ini dapat ditetapkan sesuai dengan data yang tertera pada gambar ketel yang direncanakan, yaitu:

- Diameter dalam boiler I (D_1) = 40cm = 400mm.
- Diameter co-boiler I (D_{co1}) = 20cm = 200mm
- Diameter dalam boiler II (D_2) = 30cm = 300mm
- Panjang sebelah dalam boiler I (L_1) = 60cm = 600mm
- Panjang sebelah dalam co-boiler I (L_{co1}) = 33cm = 330mm
- Panjang sebelah dalam boiler II (L_{II}) = 45cm = 450mm
- Tekanan kerja ketel (p) = 3 N/mm²
- Tegangan kerja (σ_t), didapat dari tabel A-1 (sumber: Nieman hal.147), dimana bahan plat yang diambil adalah baja ketel H I pada temperatur kerja 300°C mempunyai tegangan kerja (σ_t) = 140 N/mm.

3.3 Fasilitas Proses

1. Mesin Roll

Kapasitas : 1ton

2. Mesin Las listrik type D4327

3. Mesin gurdi

3.4 Tempat Penelitian

Tempat penelitian tentang proses produksi ketel uap tipe kombinasi pipa api dan pipa air ini adalah di salah satu laboratorium di daerah kota Malang.



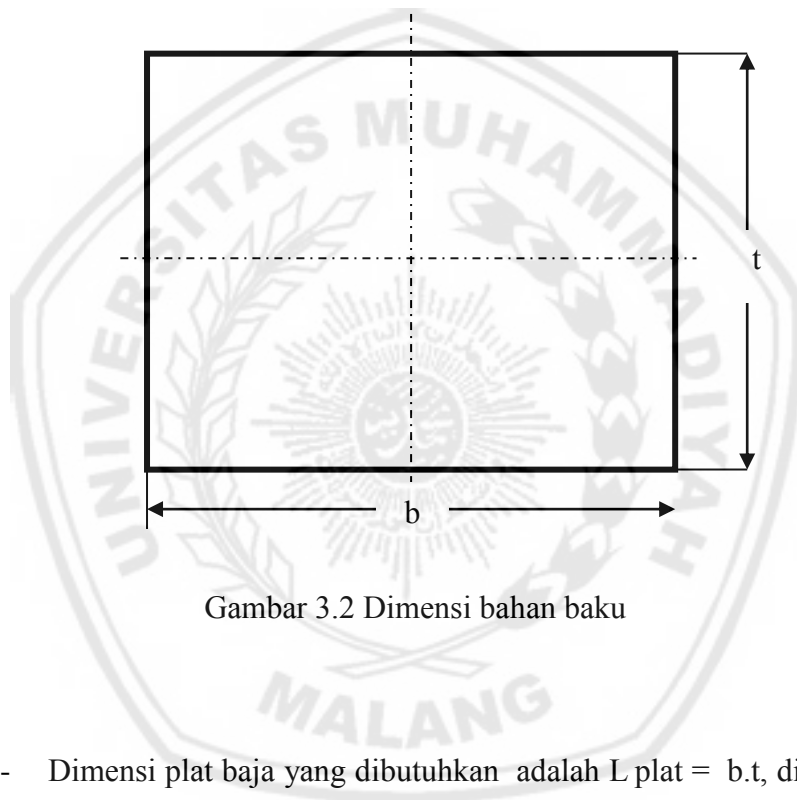
Gambar 3.1 Ketel Uap type kombinasi Pipa api dan Pipa air

3.5 Analisa Proses Produksi

Analisa proses produksi ini akan membahas tahapan proses produksi komponen-komponen pokok Ketel Uap type kombinasi pipa api dan pipa air, yang meliputi boiler 1, co boiler 1, boiler 2, tutup ketel dan pipa ketel yang dikerjakan melalui tahap proses pemesinan berikut: proses pemotongan, proses pengerolan, proses penggurdian dan proses pengelasan.

3.5.1 Analisa Proses Pembuatan Boiler 1

Untuk mengetahui dimensi plat baja ketel HI yang akan dibuat boiler 1, terlebih dahulu harus menghitung berapa diameter (\varnothing) plat baja ketel HI yang diperlukan. Karena bentuk jadi dari boiler 1 nantinya berbentuk silinder, dimana boiler I memiliki diameter sebesar 400 (mm), tinggi 600 (mm) maka dimensi plat baja yang dibutuhkan adalah:



Gambar 3.2 Dimensi bahan baku

- Dimensi plat baja yang dibutuhkan adalah $L_{\text{plat}} = b.t$, dimana b dapat dicari dengan rumus:

$$K_{\text{ling.}} = 2.\pi.r$$

$$K_{\text{ling.}} = 2.(3,14).200 \text{ (mm)}$$

$$K_{\text{ling.}} = 1256 \text{ (mm)}$$

Jadi untuk b dilebihkan sedikit sehingga menjadi 1300 (mm)

- Sedangkan tinggi boiler I (h) = 600 (mm), maka untuk dimensi plat baja dilebihkan 50mm sehingga menjadi 650 (mm) karena akan dikenakan proses pemotongan dengan las karbit dan penyambungan las.

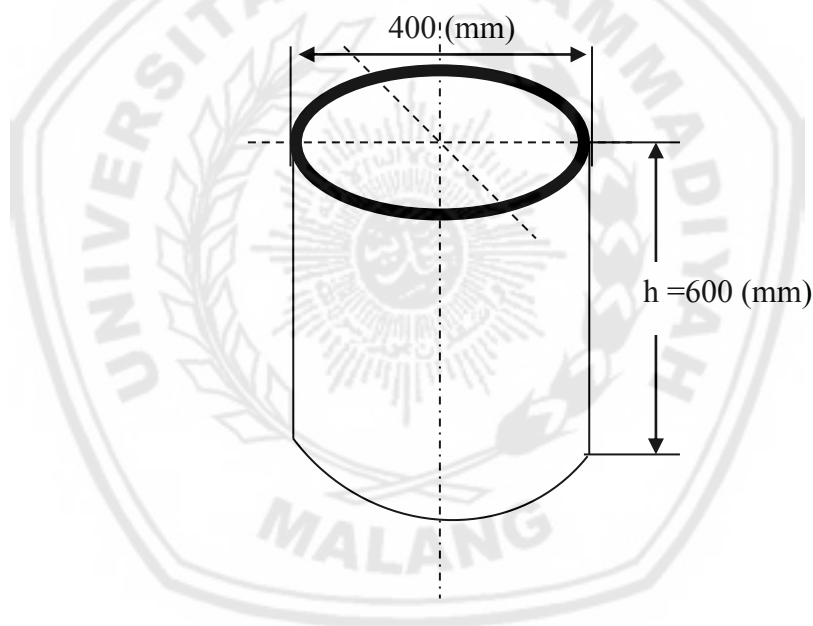
- Jadi dimensi plat baja keseluruhan yang dibutuhkan adalah:

$$L_{\text{plat}} = b.h$$

$$L_{\text{plat}} = 1300 \text{ (mm)} . 650 \text{ (mm)}$$

$$L_{\text{plat}} = 845000 \text{ (mm}^2\text{)}$$

- Rencana bentuk drum boiler I setelah dilakukan pengerolan dari plat baja ketel HI adalah :



Gambar 3.3 Dimensi boiler I

Setelah diketahui \emptyset lembaran plat baja ketel HI, proses selanjutnya adalah:

1. Proses Pemotongan

Pemotongan bahan baku merupakan proses awal dalam pengerjaan permesinan. Dalam hal ini dipakai mesin Las karbit. Pada tahap ini bahan

baku yang telah diperhitungkan dimensinya dipotong sesuai dengan kebutuhan. Pemotongan bahan-baku dilakukan dengan cara manual menggunakan las karbit. Maka waktu pemotongan bahan baku (t_c), jika menggunakan rumus waktu pemotongan (t_c) pada Elemen Dasar Proses Pemesinan maka:

$$t_c = w / v_f \text{ (min)}$$

(Taufiq Rochim, 1985. *Teori dan Teknologi Permesinan*, hal :13)

Dimana :

$$\begin{aligned} w &= \text{Lebar Pemotongan benda Kerja} = (b+h) \text{ (mm)} \\ &= 1256 \text{ (mm)} + 600 \text{ (mm)} \\ &= 1850 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

V_f = kecepatan makan las diperkirakan = 200 (mm)/ min

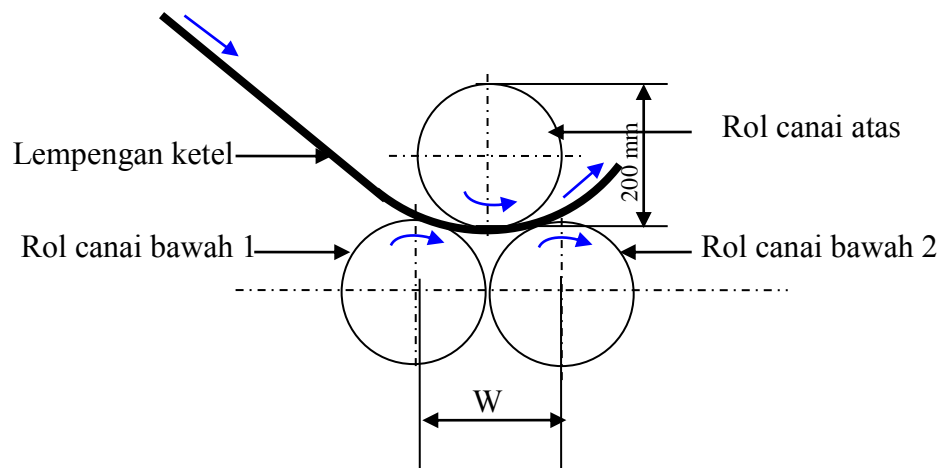
$$\text{Maka : } t_c = \frac{1850(\text{mm})}{200(\text{mm}/\text{min})}$$

$$t_c = 9,25 \text{ min.}$$

Jadi waktu pemotongan plat baja ketel HI untuk mendapatkan bahan baku sesuai dengan dimensi yang akan digunakan untuk membentuk boiler I adalah 92,5 min.

2. Proses Pengerolan (Rolling)

Proses pengerolan dengan menggunakan mesin canai ditunjukkan pada gambar 3.4, mencanai lempeng dilakukan dalam keadaan dingin.



Gambar 3.4 Sketsa Proses pengerolan plat boiler

A. Gaya pengerolan (F) :

Proses pengerolan dilakukan oleh operator dengan cara manual yaitu dengan menggerakkan stang pemutar untuk memutar rol-rol canai dalam melakukan proses pengerolan plat. Karena terjadi pelengkungan pada bahan-baku plat baja yang dirol, maka untuk menghitung gaya yang terjadi pada rol canai atas dalam proses pengerolan dapat digunakan rumus gaya pembengkokan (bending) yaitu:

$$F = \frac{K.L.S.t^2}{W} \text{ (N)}$$

(Frank.W. Wilson,.Fundamentals of tool Desgn, hal :222)

Dimana :

F = Gaya Rolling (kg/mm²)

K = Faktor Die (1,20–1,33) → diambil 1,33 (karena tebal bahan kurang dari 8mm)

L = Panjang benda kerja yang dirol (mm) = 1256 (mm)

S = Tegangan tarik bahan baja ketel HI (N/mm^2) = 140 (N/mm^2)

t = Tebal benda kerja (mm) = 4 (mm)

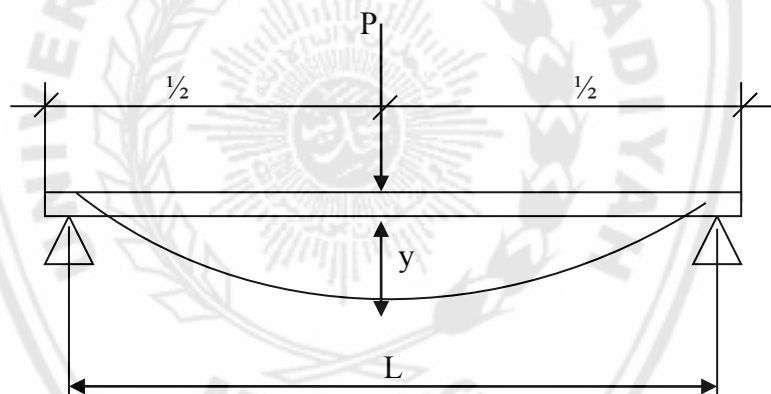
W = Jarak antara titik tengah kedua rol bawah (mm) = 200 (mm)

Sehingga :

$$F = \frac{1,33.1256(\text{mm}).140(\text{N/mm}^2).4^2(\text{mm})}{200(\text{mm})}$$

$$F = 18709,4 \text{ N}$$

- Tekanan yang terjadi pada bahan (P):



Gambar 3.5 Luas daerah defleksi (y)

$$P = \frac{48E.I.y}{L^3} \quad (\text{kg/mm}) \dots \dots \dots (\text{Catatan kuliah Statika Struktur,}$$

Sufiyanto,ST)

Dimana : P = gaya tekan (kg)

I = Inersia penampang bahan (mm^4)

y = Defleksi yang terjadi pada bahan akibat tekanan (mm)

L = Jarak antar titik tengah rol bawah (mm) = 200 (mm)

- Dimana : $I = \frac{bd^3}{12}$ (Rimmer, Mekanika Terapan hal.41)

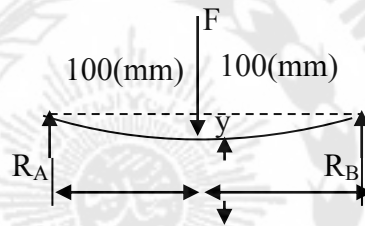
b = panjang dalam boiler yang akan dibuat (mm) = 600 (mm)

d = tebal plat yang dirol (mm) = 4 (mm)

$$\text{Jadi } I = \frac{600(\text{mm}) \cdot 4(\text{mm})^3}{12}$$

$$I = 3200 (\text{mm}^4)$$

- Gaya reaksi (R_A dan R_B) yang terjadi pada rol canai bawah 1 dan rol bawah 2 terhadap plat baja yang dirol adalah:



Gambar 3.6 Gaya reaksi di titik A dan B (R_A dan R_B)

Resultante dari ketiga gaya tersebut adalah nol, sehingga momen gaya (M) terhadap titik sembarang, juga nol, dengan meninjau momen terhadap titik A, maka R_B adalah:

$$0 = R_A \cdot 0 + (F \cdot 100) + (R_B \cdot 200) \dots \dots \dots (\text{Hofsteede, Mekanika Teknik hal 68})$$

$$R_B \cdot 200 = R_A \cdot 0 + (18709,4 \cdot 100)$$

$$R_B = \frac{1870940}{200}$$

$$R_B = 9354,7 \text{ N}$$

Dari gambar dapat diketahui bahwa $R_A = R_B$.

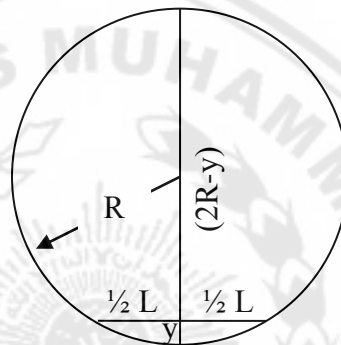
Maka: $M_B = R_B \cdot 100 \text{ (mm)}$

$$M_B = 9354,7 \text{ N} \cdot 100 \text{ (mm)}$$

$$M_B = 935470 \text{ Nmm}$$

$$M_A = M_B$$

Dan: y = defleksi yang terjadi pada plat baja yang dirol, dapat dicari dengan menggunakan sifat-sifat perpotongan tali busur lingkaran:



Gambar 3.7 Sifat-sifat perpotongan tali busur

$$R = \frac{L^2}{8y} \text{ (mm)} \dots\dots\dots (\text{Rimmer, Mekanika Terapan hal.45})$$

- Diketahui: Diameter boiler yang akan dibuat = 400(mm) maka $R = 200$ (mm).

$$y = \frac{L^2}{8.R} \text{ (mm)}$$

$$\text{Sehingga: } y = \frac{200^2}{8.200} = 25 \text{ (mm)}$$

- Sedangkan nilai Modulus Elastisitas bahan (E), untuk baja yaitu 210000 N/mm^2 . (dari tabel nilai modulus Elastisitas bahan, G..Niemann, Elemen Mesin Jilid 1, hal.76)
- Sehingga Tekanan yang terjadi pada bahan (P):

$$P = \frac{48.E.I.y}{L^3} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$P = \frac{48.210000(\text{N/mm}^2).3200(\text{mm}^4).25(\text{mm})}{200(\text{mm})^3}$$

$$P = 100800 \text{ N/mm}^2$$

B. Daya Pengerolan (rolling)

Selain gaya pada proses pengerolan, daya pengerolan juga harus diketahui. Data-data yang diperoleh sebagai berikut:

Jika kecepatan pengerolan V (m/dt) :

$$V = \frac{\pi \cdot d_{\text{Roll}} \cdot n_{\text{roll}}}{60.1000} \dots\dots\dots (\text{Sularso, Elemen Mesin, hal.238})$$

Dimana:

- Diameter roll (d_{Roll}) = 200 (mm)

- Putaran Roll (n_{Roll}) diambil kira-kira = 20 (rpm)

Sehingga:

$$V = \frac{3,14.200(\text{mm}).20(\text{rpm})}{60.1000}$$

$$= 0,021(\text{m/dt}) \approx 20 \text{ (mm)/dt}$$

- Maka daya pengerolan (*rolling*) dapat dicari dengan rumus :

$$P_b = F_b \cdot V \dots\dots\dots(\text{Watt})$$

Dimana:

P_b = daya pengerolan (Watt)

F_b = gaya pengerolan (N)

V = kecepatan pengerolan (m/dt)

- Sehingga :

$$P_b = 18709,4 \text{ N} \cdot 0,021 \text{ (m/dt)}$$

$$P_b = 392,9 \text{ Watt.}$$

- C. Waktu pengerolan t (dt), dapat menggunakan rumus:

$$t = h/V \dots\dots\dots(\text{Frank W. Wilson, Fundamental of tool Design, hal 224})$$

Dimana :

h = Panjang benda kerja yang diroll = 1256 (mm) = 1,256m

V = Kecepatan Pengerolan (m/dt)

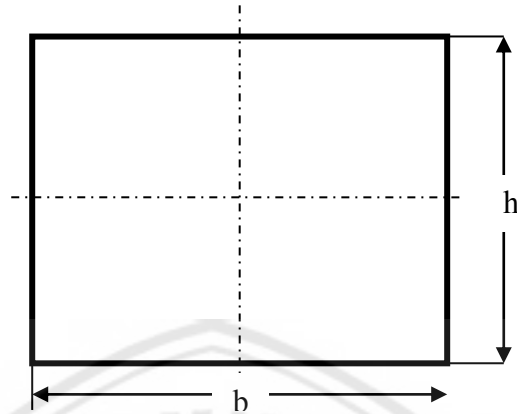
Jadi :

$$t = \frac{1,256(m)}{0,021(m/dt)} = 59,8 \text{ dt} \approx 1 \text{ menit}$$

3.5.2 Analisa Proses Pembuatan Co Boiler 1

Untuk mengetahui dimensi plat baja ketel HI yang akan dibuat co boiler 1, terlebih dahulu harus menghitung berapa diameter (\emptyset) plat baja ketel HI yang diperlukan. Karena bentuk jadi dari co boiler 1 nantinya

berbentuk silinder, dimana co boiler I memiliki diameter sebesar 200 (mm), tinggi 330 (mm) maka dimensi plat baja yang dibutuhkan adalah:



Gambar 3.8 Dimensi bahan baku

- Dimensi plat baja yang dibutuhkan adalah $L_{\text{plat}} = b.h$, dimana b dapat dicari dengan rumus:

$$K_{\text{ling}} = 2.\pi.r$$

$$K_{\text{ling}} = 2.(3,14).100 \text{ (mm)}$$

$$K_{\text{ling}} = 628 \text{ (mm)}$$

Jadi untuk b diambil 650 (mm)

- Sedangkan tinggi co boiler I (h) = 330 (mm), maka untuk dimensi plat baja diambil 350 (mm) karena akan dikenakan proses pemotongan dengan las karbit dan penyambungan las.

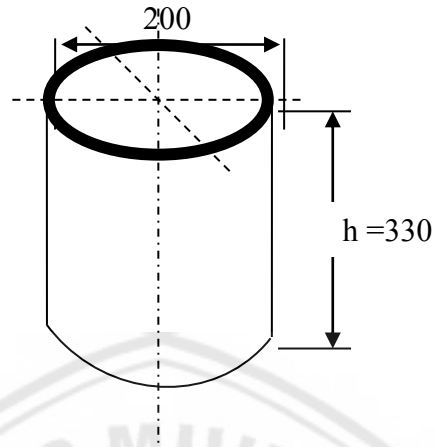
- Jadi dimensi plat baja yang dibutuhkan adalah:

$$L_{\text{plat}} = b.h$$

$$L_{\text{plat}} = 650 \text{ (mm)}. 350 \text{ (mm)}$$

$$L_{\text{plat}} = 227500 \text{ (mm}^2\text{)}$$

- Rencana bentuk drum co boiler I setelah dilakukan pengerolan dari plat baja ketel HI adalah :



Gambar 3.9 Dimensi co boiler I

Setelah diketahui Ø lembaran plat baja ketel HI, proses selanjutnya adalah:

1. Proses Pemotongan

Pemotongan bahan baku merupakan proses awal dalam pengerjaan permesinan. Dalam hal ini dipakai mesin Las karbit. Pada tahap ini bahan baku yang telah diperhitungkan dimensinya dipotong sesuai dengan kebutuhan. Pemotongan bahan-baku dilakukan dengan cara manual menggunakan las karbit. Maka waktu pemotongan bahan baku (t_c), jika menggunakan rumus waktu pemotongan (t_c) pada Elemen Dasar Proses Pemesinan maka:

$$t_c = w / v_f \text{ (min)}$$

(Taufiq Rochim, 1985. *Teori dan Teknologi Permesinan*, hal :20)

Dimana :

$$\begin{aligned}
 w &= \text{Lebar Pemotongan benda Kerja} = (b+h) \text{ (mm)} \\
 &= 628 \text{ (mm)} + 330 \text{ (mm)} \\
 &= 958 \text{ (mm)}
 \end{aligned}$$

V_f = kecepatan makan las diambil 200 (mm)/ min.

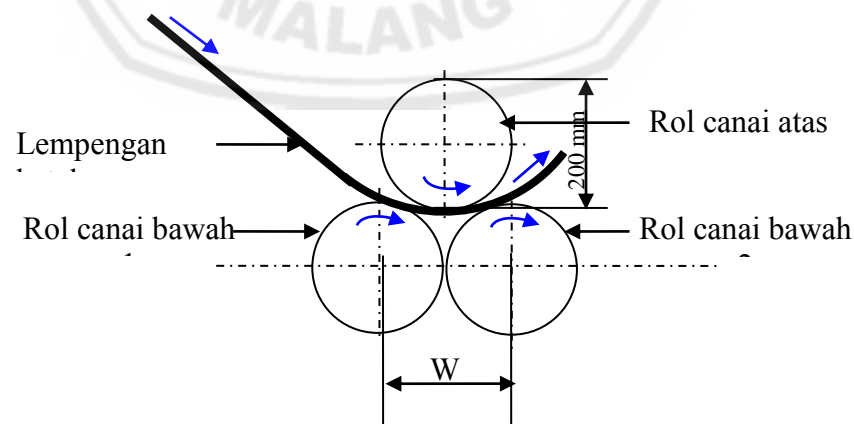
$$\text{Maka : } t_c = \frac{958(\text{mm})}{200(\text{mm} / \text{min})}$$

$$t_c = 4,75 \text{ min} \approx \text{diambil 5 min}$$

Jadi waktu pemotongan plat baja ketel HI untuk mendapatkan bahan baku sesuai dengan dimensi yang akan digunakan untuk membentuk co boiler I diambil 5min.

2. Proses Pengerolan (Rolling)

Proses pengerolan dengan menggunakan mesin canai ditunjukkan pada gambar 3.10, mencanai lempeng dilakukan dalam keadaan dingin.



Gambar 3.10 Sketsa Proses pengerolan boiler

A. Gaya pengerolan (F) :

Proses pengerolan dilakukan oleh operator dengan cara manual yaitu dengan menggerakkan stang pemutar untuk memutar rol-rol canai dalam melakukan proses pengerolan plat. Karena terjadi pelengkungan pada bahan-baku plat baja yang dirol, maka untuk menghitung gaya yang terjadi pada rol canai atas dalam proses pengerolan dapat digunakan rumus gaya pembengkokan (bending) yaitu:

$$F = \frac{K.L.S.t^2}{W} \text{ (N)}$$

(Frank.W. Wilson,.*Fundamentals of tool Desgn*, hal :222)

Dimana :

F = Gaya Rolling (kg/mm²)

K = Faktor Die (1,20–1,33) → diambil 1,33 (karena tebal bahan kurang dari 8mm)

L = Panjang benda kerja yang dirol (mm) = 628 (mm)

S = Tegangan tarik bahan baja ketel HI (N/mm²) = 140 (N/mm²)

t = Tebal benda kerja (mm) = 4 (mm)

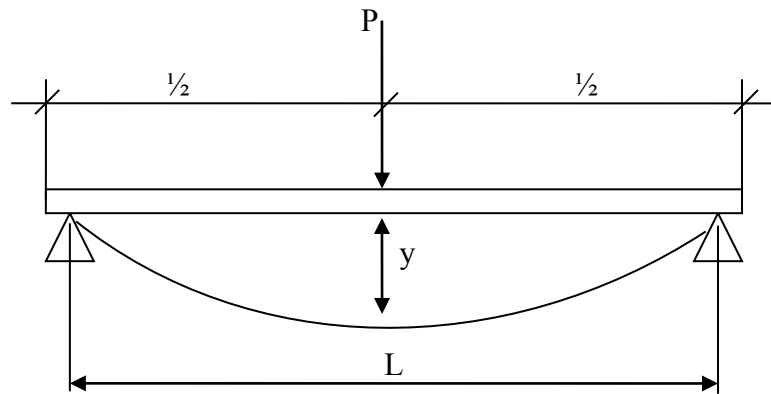
W = Jarak antara titik tengah kedua rol bawah (mm) = 200 (mm)

Sehingga :

$$F = \frac{1,33.628(mm).140(N/mm^2).4^2(mm)}{200(mm)}$$

$$F = 9354,7 \text{ N}$$

- Tekanan yang terjadi pada bahan(P):



Gambar 3.11 Luas daerah defleksi (y)

$$P = \frac{48EI.y}{L^3} \quad (\text{kg/mm}) \dots\dots\dots (\text{Catatan kuliah Statika Struktur,}$$

Sufiyanto,ST)

Dimana :

P = gaya tekan (kg)

I = Inersia penampang bahan (mm^4)

y = Defleksi yang terjadi pada bahan akibat tekanan (mm)

L = Jarak antar titik tengah rol bawah (mm) = 200 (mm)

- Dimana :

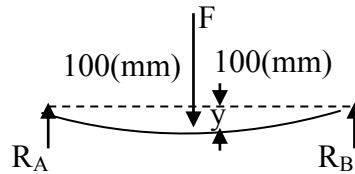
$$I = \frac{bd^3}{12} \dots\dots\dots (\text{Rimmer, Mekanika Terapan hal.41})$$

b = Panjang dalam boiler yang akan dibuat (mm) = 330 (mm)

d = tebal plat yang dirol (mm) = 4 (mm)

$$\text{Jadi, } I = \frac{330(\text{mm}).4(\text{mm})^3}{12} = 1760 (\text{mm}^4)$$

Gaya reaksi (R_A dan R_B) yang terjadi pada rol canai bawah 1 dan rol bawah 2 terhadap plat baja yang dirol adalah:



Resultante dari ketiga gaya tersebut adalah nol, sehingga momen gaya (M) terhadap titik sembarang, juga nol, dengan meninjau momen terhadap titik A, maka R_B adalah:

$$0 = R_A \cdot 0 + (F \cdot 100) + (R_B \cdot 200) \dots \dots (\text{Hofsteede, Mekanika Teknik hal 68})$$

$$R_B \cdot 200 = R_A \cdot 0 + (9354,7 \text{ N} \cdot 100)$$

$$R_B = \frac{935470}{200}$$

$$R_B = 4677,35 \text{ N}$$

Dari gambar dapat diketahui bahwa $R_A = R_B$.

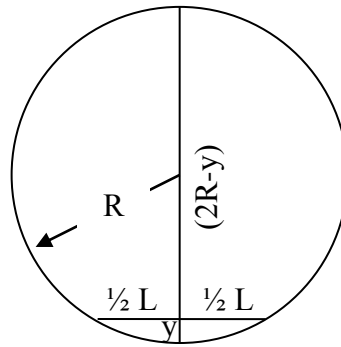
$$\text{Maka: } M_B = R_B \cdot 100 \text{ (mm)}$$

$$M_B = 4677,35 \cdot 100 \text{ (mm)}$$

$$M_B = 467735 \text{ Nmm}$$

$$M_A = M_B$$

Dan: y = defleksi yang terjadi pada plat baja yang dirol, dapat dicari dengan menggunakan sifat-sifat perpotongan tali busur lingkaran:



$$R = \frac{L^2}{8y} \text{ (mm)} \dots\dots\dots (\text{Rimmer, Mekanika Terapan hal.45})$$

- Diketahui: Diameter boiler yang akan dibuat = 200(mm) maka $R = 100$ (mm).

$$y = \frac{L^2}{8.R} \text{ (mm)}$$

$$\text{Sehingga: } y = \frac{200^2}{8.100} = 50 \text{ (mm)}$$

- Sedangkan nilai Modulus Elastisitas bahan (E), untuk baja yaitu 210000 N/mm^2 . (dari tabel nilai modulus Elastisitas bahan, G..Niemann, Elemen Mesin Jilid 1, hal.76)
- Sehingga Tekanan yang terjadi pada bahan (P):

$$P = \frac{48.E.I.y}{L^3} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$P = \frac{48.210000 \text{ (N / mm}^2\text{)}.1760 \text{ (mm}^4\text{)}.50 \text{ (mm)}}{200 \text{ (mm)}^3}$$

$$P = 110880 \text{ N/mm}^2$$

B. Daya Pengerolan (rolling)

Selain gaya pada proses pengerolan, daya pengerolan juga harus diketahui. Data-data yang diperoleh sebagai berikut:

Jika kecepatan pengerolan V (m/dt) :

$$V = \frac{\pi \cdot d_{Roll} \cdot n_{roll}}{60 \cdot 1000} \dots\dots\dots (\text{Sularso, Elemen Mesin,}$$

hal.238)

Dimana:

- Diameter roll (d_{Roll}) = 200 (mm)
- Putaran Roll (n_{Roll}) diambil kira-kira = 20 (rpm)

Sehingga:

$$V = \frac{3,14 \cdot 200(mm) \cdot 20(rpm)}{60 \cdot 1000}$$

$$= 0,021(m/dt) \approx 20 (mm)/dt$$

- Maka daya pengerolan (*rolling*) dapat dicari dengan rumus :

$$P_b = F_b \cdot V \dots\dots\dots (\text{Watt})$$

Dimana:

P_b = daya pengerolan (Watt)

F_b = gaya pengerolan (N)

V = kecepatan pengerolan (m/dt)

- Sehingga :

$$P_b = 9354,7 \text{ N} \cdot 0,021 \text{ (m/dt)}$$

$$P_b = 196,5 \text{ Watt.}$$

C. Waktu pengerolan t (dt), dapat menggunakan rumus:

$$t = h/V \dots\dots\dots(\text{Frank W. Wilson, Fundamental of tool Design, hal 224})$$

Dimana :

$$h = \text{Panjang benda kerja yang diroll} = 628 \text{ (mm)} = 0,628\text{m}$$

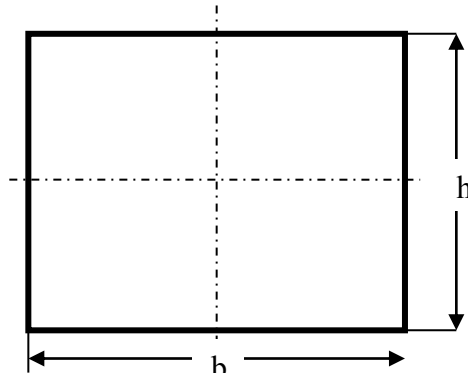
$$V = \text{Kecepatan Pengerolan (m/dt)}$$

Jadi :

$$t = \frac{0,628(m)}{0,021(m/dt^2)} = 29,91 \text{ dt} \approx 30 \text{ dt}$$

3.5.3 Analisa Proses Pembuatan Boiler II

Untuk mengetahui dimensi plat baja ketel HI yang akan dibuat boiler II, terlebih dahulu harus menghitung berapa diameter (\emptyset) plat baja ketel HI yang diperlukan. Karena bentuk jadi dari boiler II nantinya berbentuk silinder, dimana boiler II memiliki diameter sebesar 300 (mm), tinggi 450 (mm) maka dimensi plat baja yang dibutuhkan adalah:



Gambar 3.12 Dimensi bahan baku

- Dimensi plat baja yang dibutuhkan adalah $L_{\text{plat}} = b.h$, dimana b dapat dicari dengan rumus:

$$K_{\text{ling}} = 2.\pi.r$$

$$K_{\text{ling}} = 2.(3,14).150 \text{ (mm)}$$

$$K_{\text{ling}} = 942 \text{ (mm)}$$

Jadi untuk b diambil 960 (mm)

- Sedangkan tinggi boiler II (h) = 450 (mm), maka untuk dimensi plat baja diambil 500 (mm) karena akan dikenakan proses pemotongan dengan las karbit dan penyambungan las.

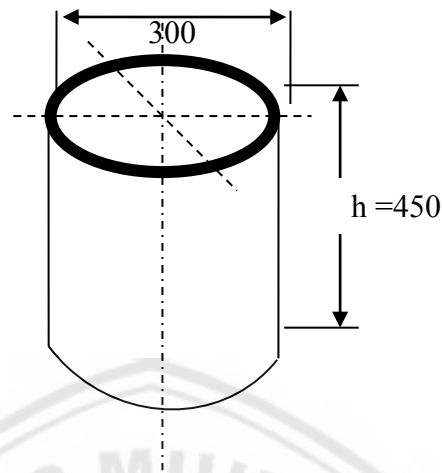
- Jadi dimensi plat baja yang dibutuhkan adalah:

$$L_{\text{plat}} = b.h$$

$$L_{\text{plat}} = 960 \text{ (mm)}. 500 \text{ (mm)}$$

$$L_{\text{plat}} = 480000 \text{ (mm}^2\text{)}$$

- Rencana bentuk drum boiler II setelah dilakukan pengerolan dari plat baja ketel HI adalah :



Gambar 3.13 Dimensi boiler II

Setelah diketahui Ø lembaran plat baja ketel HI, proses selanjutnya adalah:

1. Proses Pemotongan

Pemotongan bahan baku merupakan proses awal dalam pengerjaan permesinan. Dalam hal ini dipakai mesin Las karbit. Pada tahap ini bahan baku yang telah diperhitungkan dimensinya dipotong sesuai dengan kebutuhan. Pemotongan bahan-baku dilakukan dengan cara manual menggunakan las karbit. Maka waktu pemotongan bahan baku (t_c), jika menggunakan rumus waktu pemotongan (t_c) pada Elemen Dasar Proses Pemesinan maka:

$$t_c = w / v_f \text{ (min)}$$

(Taufiq Rochim, 1985. Teori dan Teknologi Permesinan, hal :20)

Dimana :

$$\begin{aligned}
 w &= \text{Lebar Pemotongan benda Kerja} = (b+h) \text{ (mm)} \\
 &= 942 \text{ (mm)} + 330 \text{ (mm)} \\
 &= 1272 \text{ (mm)}
 \end{aligned}$$

V_f = kecepatan makan las diambil 200 (mm)/ min.

Maka :

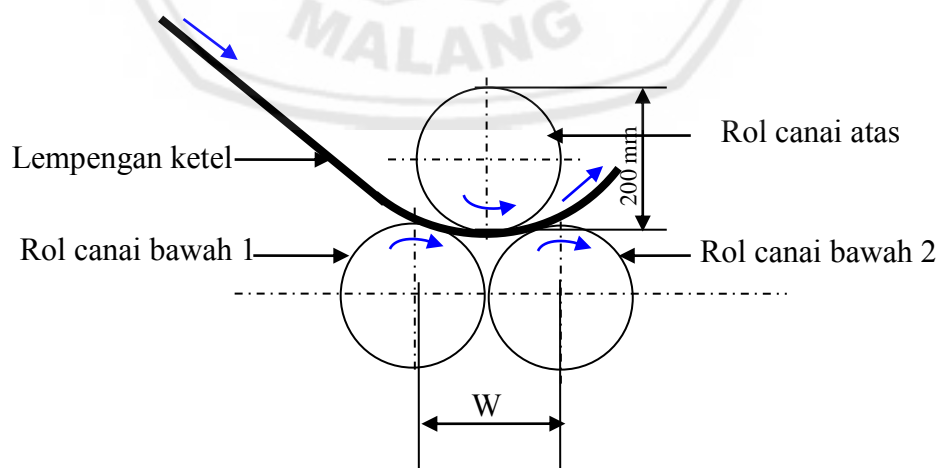
$$t_c = \frac{1272(\text{mm})}{200(\text{mm} / \text{min})}$$

$$t_c = 6,36 \text{ min} \approx \text{diambil } 7 \text{ min}$$

Jadi waktu pemotongan plat baja ketel HI untuk mendapatkan bahan baku sesuai dengan dimensi yang akan digunakan untuk membentuk boiler II diambil 7 min.

2. Proses Pengerolan (Rolling)

Proses pengerolan dengan menggunakan mesin canai ditunjukkan pada gambar 3.14, mencanai lempeng dilakukan dalam keadaan dingin.



Gambar 3.14 Sketsa Proses pengerolan boiler II

A. Gaya pengerolan (F) :

Proses pengerolan dilakukan oleh operator dengan cara manual yaitu dengan menggerakkan stang pemutar untuk memutar rol-rol canai dalam melakukan proses pengerolan plat. Karena terjadi pelengkungan pada bahan-baku plat baja yang dirol, maka untuk menghitung gaya yang terjadi pada rol canai atas dalam proses pengerolan dapat digunakan rumus gaya pembengkokan (bending) yaitu:

$$F = \frac{K.L.S.t^2}{W} \text{ (N)}$$

(Frank.W. Wilson,.*Fundamentals of tool Desgn*, hal :222)

Dimana :

F = Gaya Rolling (kg/mm²)

K = Faktor Die (1,20–1,33) → diambil 1,33 (karena tebal bahan kurang dari 8mm)

L = Panjang benda kerja yang dirol (mm) = 942 (mm)

S = Tegangan tarik bahan baja ketel HI (N/mm²) = 140 (N/mm²)

t = Tebal benda kerja (mm) = 4 (mm)

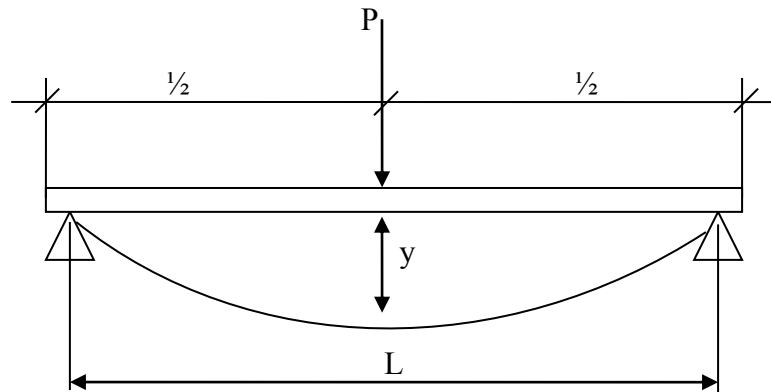
W = Jarak antara titik tengah kedua rol bawah (mm) = 200 (mm)

Sehingga :

$$F = \frac{1,33.942(mm).140(N/mm^2).4^2(mm)}{200(mm)}$$

$$F = 14032,03 \text{ N}$$

- Tekanan yang terjadi pada bahan(P):



$$P = \frac{48E.I.y}{L^3} \text{ (kg/mm)} \dots\dots\dots (\text{Catatan kuliah Statika Struktur,}$$

Sufiyanto,ST)

Dimana : P = gaya tekan (kg)

I = Inersia penampang bahan (mm^4)

y = Defleksi yang terjadi pada bahan akibat tekanan (mm)

L = Jarak antar titik tengah rol bawah (mm) = 200 (mm)

- Dimana :

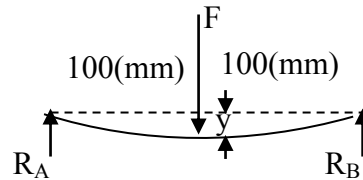
$$I = \frac{bd^3}{12} \dots\dots\dots (\text{Rimmer, Mekanika Terapan hal.41})$$

b = Panjang dalam boiler yang akan dibuat (mm) = 450 (mm)

d = tebal plat yang dirol (mm) = 4 (mm)

$$\text{Jadi, } I = \frac{450(\text{mm}) \cdot 4(\text{mm})^3}{12} \quad I = 2400 (\text{mm}^4)$$

Gaya reaksi (R_A dan R_B) yang terjadi pada rol canai bawah 1 dan rol bawah 2 terhadap plat baja yang dirol adalah:



Resultante dari ketiga gaya tersebut adalah nol, sehingga momen gaya (M) terhadap titik sembarang, juga nol, dengan meninjau momen terhadap titik A, maka R_B adalah:

$$0 = R_A \cdot 0 + (F \cdot 100) + (R_B \cdot 200) \dots \dots (\text{Hofsteede, Mekanika Teknik hal 68})$$

$$R_B \cdot 200 = R_A \cdot 0 + (14032,03 \text{ N} \cdot 100)$$

$$R_B = \frac{1403203}{200}$$

$$R_B = 7016,015 \text{ N}$$

Dari gambar dapat diketahui bahwa $R_A = R_B$.

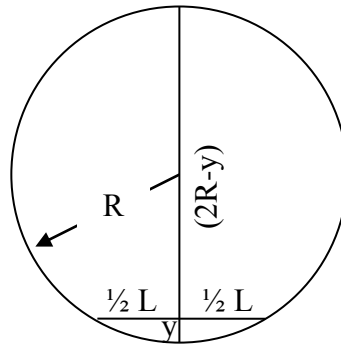
$$\text{Maka: } M_B = R_B \cdot 100 \text{ (mm)}$$

$$M_B = 7016,015 \text{ N} \cdot 100 \text{ (mm)}$$

$$M_B = 701601,5 \text{ Nmm}$$

$$M_A = M_B$$

Dan: y = defleksi yang terjadi pada plat baja yang dirol, dapat dicari dengan menggunakan sifat-sifat perpotongan tali busur lingkaran:



$$R = \frac{L^2}{8y} \text{ (mm)} \dots\dots\dots (\text{Rimmer, Mekanika Terapan hal.45})$$

- Diketahui: Diameter boiler yang akan dibuat = 300(mm) maka $R = 150$ (mm).

$$y = \frac{L^2}{8.R} \text{ (mm)}$$

$$\text{Sehingga: } y = \frac{200^2}{8.150} = 33,3 \text{ (mm)}$$

- Sedangkan nilai Modulus Elastisitas bahan (E), untuk baja yaitu 210000 N/mm^2 . (dari tabel nilai modulus Elastisitas bahan, G..Niemann, Elemen Mesin Jilid 1, hal.76)

- Sehingga Tekanan yang terjadi pada bahan (P):

$$P = \frac{48.E.I.y}{L^3} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$P = \frac{48.210000 \text{ (N/mm}^2\text{)}.2400 \text{ (mm}^4\text{)}.33,3 \text{ (mm)}}{200 \text{ (mm)}^3}$$

$$P = 100699,2 \text{ N/mm}^2$$

B. Daya Pengerolan (rolling)

Selain gaya pada proses pengerolan, daya pengerolan juga harus diketahui. Data-data yang diperoleh sebagai berikut:

Jika kecepatan pengerolan V (m/dt) :

$$V = \frac{\pi \cdot d_{Roll} \cdot n_{roll}}{60.1000} \dots\dots\dots (Sularso, Elemen Mesin, hal.238)$$

Dimana:

- Diameter roll (d_{Roll}) = 200 (mm)
- Putaran Roll (n_{Roll}) diambil kira-kira = 20 (rpm)

Sehingga:

$$\begin{aligned} V &= \frac{3,14 \cdot 200(mm) \cdot 20(rpm)}{60 \cdot 1000} \\ &= 0,021(m/dt) \approx 20 (mm)/dt \end{aligned}$$

- Maka daya pengerolan (*rolling*) dapat dicari dengan rumus :

$$P_b = F_b \cdot V \dots\dots\dots (Watt)$$

Dimana:

P_b = daya pengerolan (Watt)

F_b = gaya pengerolan (N)

V = kecepatan pengerolan (m/dt)

- Sehingga :

$$P_b = 14032,03 \text{ N} \cdot 0,021 \text{ (m/dt)}$$

$$P_b = 294,7 \text{ Watt.}$$

C. Waktu pengerolan t (dt), dapat menggunakan rumus:

$$t = h/V \dots\dots\dots(\text{Frank W. Wilson, Fundamental of tool Design, hal 224})$$

Dimana :

h = Panjang benda kerja yang diroll = 942 (mm) = 0,942m

V = Kecepatan Pengerolan (m/dt)

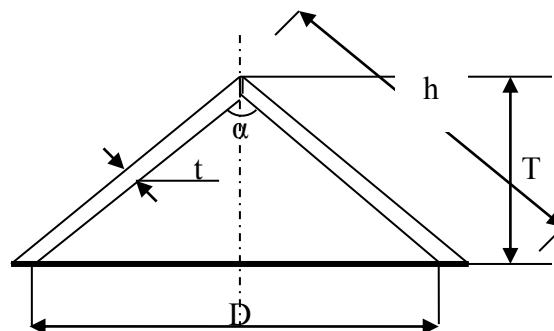
Jadi :

$$t = \frac{0,942(m)}{0,021(m/dt^2)} = 44,9 \text{ dt} \approx 45 \text{ dt}$$

3.5.4 Analisa Proses Pembuatan Tutup Boiler I

1. Perhitungan dimensi Plat baja yang dibutuhkan.

Bahan baku untuk pembuatan tutup ketel pada mulanya dipotong berbentuk persegi panjang. Untuk mengetahui dimensi plat baja ketel HI yang akan dibuat tutup boiler I, terlebih dahulu harus menghitung berapa diameter (\emptyset) plat baja ketel HI yang diperlukan. Karena akan dilakukan proses pengerolan terhadap bahan-baku plat baja untuk dibuat berbentuk kerucut, dengan dimensi sebagai-berikut:



Keterangan :

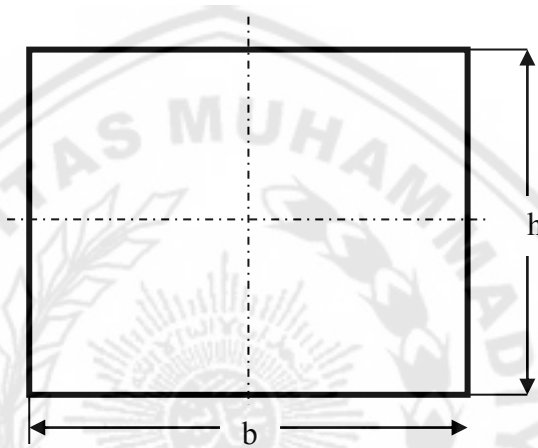
t = tebal plat = 6,5 (mm)

D = diameter dalam ketel = 400 (mm)

T = tinggi kerucut tutup boiler I = 90 (mm)

α = sudut kerucut. = $131,54^\circ$

$\frac{1}{2} \alpha = 131,54^\circ / 2 = 65,77^\circ$



Gambar 3.15 Dimensi bahan baku

Dimensi plat baja yang dibutuhkan adalah $L_{\text{plat}} = b.h$, dimana b dapat dicari dengan rumus:

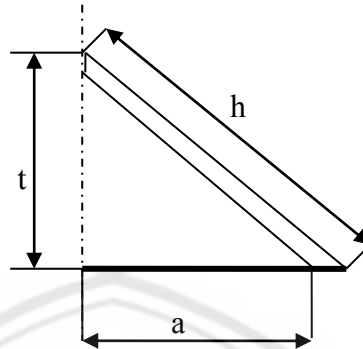
$$K_{\text{ling.}} = 2.\pi.r$$

$$K_{\text{ling.}} = 2.(3,14).200 \text{ (mm)}$$

$$K_{\text{ling.}} = 1256 \text{ (mm)}$$

Jadi untuk b diambil 1300 (mm)

- Sedangkan tinggi kerucut tutup boiler I (T) yang direncanakan = 90 (mm), maka untuk menghitung panjang plat (h) yang diperlukan dapat menggunakan rumus segitiga Pythagoras:



- Sehingga dimensi sisi miring kerucut tutup boiler I adalah:

$$a^2 + t^2 = h^2$$

Dimana:

a = jari-jari tutup kerucut boiler I = 200(mm)

t = tinggi tutup kerucut boiler I = 90(mm)

Maka:

$$h = \sqrt{a^2 + t^2}$$

$$h = \sqrt{200^2 + 90^2}$$

$$h = \sqrt{48100}$$

$$h = 219,32 \text{ (mm)}$$

- Maka panjang plat baja (h) yang dibutuhkan adalah 219,32 (mm),
dilebihkan sedikit karena akan dilakukan proses pemotongan dan

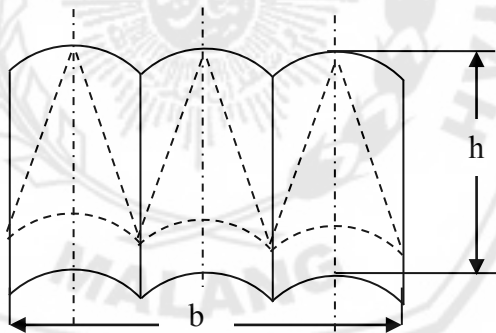
pengelasan, sehingga (h) menjadi 250 (mm), maka Luas keseluruhan plat baja (L_{Plat}) yang dibutuhkan untuk pembuatan tutup ketel I adalah:

$$L_{\text{plat}} = b.h$$

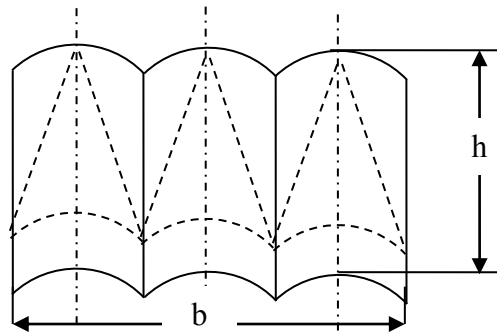
$$L_{\text{plat}} = 1300(\text{mm}).250(\text{mm})$$

$$L_{\text{plat}} = 325000(\text{mm}^2)$$

- Selanjutnya bahan-baku plat baja tersebut akan diroll menjadi bentuk silinder dengan diameter 400(mm) (proses pengerolan akan dibahas pada poin 3).
- Plat yang telah diroll menjadi bentuk silinder akan dipotong menjadi 3 buah segitiga sama-kaki yang mempunyai alas dan bidang yang melengkung, seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



- Plat yang telah dipotong menjadi 3 buah segitiga sama-kaki yang mempunyai alas dan bidang yang melengkung tersebut kemudian disatukan dengan menggunakan pengelasan sampai berbentuk kerucut seperti ditunjukkan pada gambar:



2. Proses Pemotongan

Pemotongan bahan baku merupakan proses awal dalam pengerjaan permesinan. Dalam hal ini dipakai mesin Las karbit. Pada tahap ini bahan baku yang telah diperhitungkan dimensinya dipotong sesuai dengan kebutuhan. Pemotongan bahan-baku dilakukan dengan cara manual menggunakan las karbit. Maka waktu pemotongan bahan baku (t_c), jika menggunakan rumus waktu pemotongan (t_c) pada Elemen Dasar Proses Permesinan maka:

$$t_c = w / v_f \text{ (min)}$$

(Taufiq Rochim, 1985. *Teori dan Teknologi Permesinan*, hal :20)

Dimana :

$$\begin{aligned} w &= \text{Lebar Pemotongan benda Kerja} = (b+h) \text{ (mm)} \\ &= 1256 \text{ (mm)} + 219,32 \text{ (mm)} \\ &= 1475,32 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

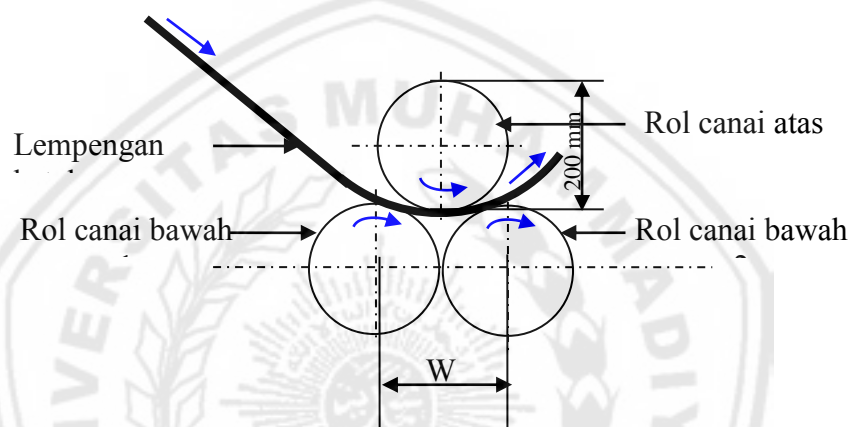
V_f = kecepatan makan las diambil 200 (mm)/ min.

$$\text{Maka : } t_c = \frac{1475,32 \text{ (mm)}}{200 \text{ (mm/min)}} = 7,4 \text{ min} \approx \text{diambil 8 min}$$

Jadi waktu pemotongan plat baja ketel HI untuk mendapatkan bahan baku sesuai dengan dimensi yang akan digunakan untuk membentuk tutup boiler I diambil 7 min.

3. Proses Pengerolan (Rolling)

Proses pengerolan dengan menggunakan mesin canai ditunjukkan pada gambar 3.16, mencanai lempeng dilakukan dalam keadaan dingin.



Gambar 3.16 Sketsa Proses pengerolan tutup boiler I

A. Gaya pengerolan (F) :

Proses pengerolan dilakukan oleh operator dengan cara manual yaitu dengan menggerakkan stang pemutar untuk memutar rol-rol canai dalam melakukan proses pengerolan plat. Karena terjadi pelengkungan pada bahan-baku plat baja yang dirol, maka untuk menghitung gaya yang terjadi pada rol canai atas dalam proses pengerolan dapat digunakan rumus gaya pembengkokan (bending) yaitu:

$$F = \frac{K.L.S.t^2}{W} \text{ (N)}$$

(Frank.W. Wilson,.Fundamentals of tool Desgn, hal :222)

Dimana :

F = Gaya Rolling (kg/mm²)

K = Faktor Die (1,20–1,33) → diambil 1,33 (karena tebal bahan kurang dari 8mm)

L = Panjang benda kerja yang dirol (mm) = 1256 (mm)

S = Tegangan tarik bahan baja ketel HI (N/mm²) = 140 (N/mm²)

t = Tebal benda kerja (mm) = 6,5 (mm)

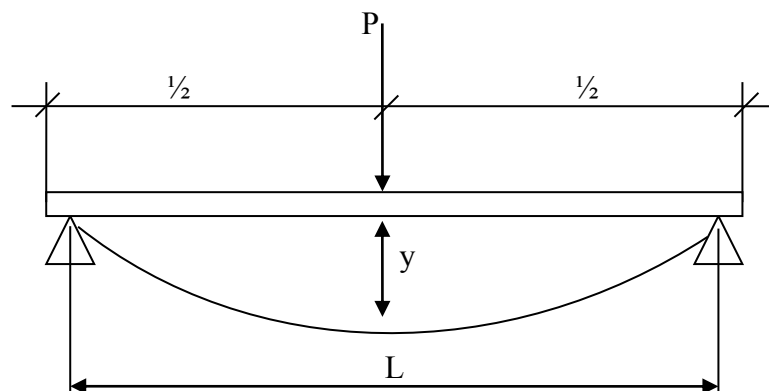
W = Jarak antara titik tengah kedua rol bawah (mm) = 200 (mm)

Sehingga :

$$F = \frac{1,33.1256(mm).140(N/mm^2).6,5^2(mm)}{200(mm)}$$

$$F = 49404,5 \text{ N}$$

- Tekanan yang terjadi pada bahan(P):



$$P = \frac{48EI.y}{L^3} \text{ (kg/mm)} \dots\dots\dots (\text{Catatan kuliah Statika Struktur,}$$

Sufiyanto,ST)

Dimana : P = gaya tekan (kg)

I = Inersia penampang bahan (mm^4)

y = Defleksi yang terjadi pada bahan akibat tekanan (mm)

L = Jarak antar titik tengah rol bawah (mm) = 200 (mm)

- Dimana :

$$I = \frac{bd^3}{12} \dots\dots\dots (\text{Rimmer, Mekanika Terapan hal.41})$$

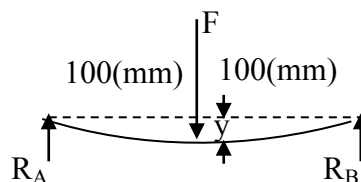
b = Panjang dalam kerucut yang akan dibuat (mm) = 219,32 (mm)

d = tebal plat yang dirol (mm) = 6,5 (mm)

$$\text{Jadi, } I = \frac{219,32(\text{mm}) \cdot 6,5(\text{mm})^3}{12}$$

$$I = 172,2 \text{ (mm}^4\text{)}$$

Gaya reaksi (R_A dan R_B) yang terjadi pada rol canai bawah 1 dan rol bawah 2 terhadap plat baja yang dirol adalah:



Resultante dari ketiga gaya tersebut adalah nol, sehingga momen gaya (M) terhadap titik sembarang, juga nol, dengan meninjau momen terhadap titik A, maka R_B adalah:

$$0 = R_A \cdot 0 + (F \cdot 100) + (R_B \cdot 200) \dots \dots \dots (\text{Hofsteede, Mekanika Teknik hal 68})$$

$$R_B \cdot 200 = R_A \cdot 0 + (49404,5 \text{ N} \cdot 100)$$

$$R_B = \frac{4940450}{200}$$

$$R_B = 24702,25 \text{ N}$$

Dari gambar dapat diketahui bahwa $R_A = R_B$.

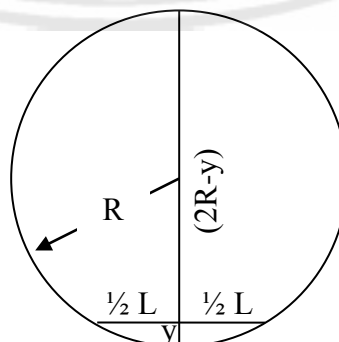
$$\text{Maka: } M_B = R_B \cdot 100 \text{ (mm)}$$

$$M_B = 24702,25 \text{ N} \cdot 100 \text{ (mm)}$$

$$M_B = 2470225 \text{ Nmm}$$

$$M_A = M_B$$

Dan: y = defleksi yang terjadi pada plat baja yang dirol, dapat dicari dengan menggunakan sifat-sifat perpotongan tali busur lingkaran:



$$R = \frac{L^2}{8y} \text{ (mm)} \dots \dots \dots (\text{Rimmer, Mekanika Terapan hal.45})$$

- Diketahui: Diameter kerucut yang akan dibuat = 400(mm) maka R = 200 (mm).

$$y = \frac{L^2}{8.R} \text{ (mm)}$$

$$\text{Sehingga: } y = \frac{200^2}{8.200} = 25 \text{ (mm)}$$

- Sedangkan nilai Modulus Elastisitas bahan (E), untuk baja yaitu 210000N/mm². (dari tabel nilai modulus Elastisitas bahan, G..Niemann, Elemen Mesin Jilid 1, hal.76)
- Sehingga Tekanan yang terjadi pada bahan (P):

$$P = \frac{48.E.I.y}{L^3} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$P = \frac{48.210000(N/mm^2).172,2(mm^4).25(mm)}{200(mm)^3}$$

$$P = 5424,3 \text{ N/mm}^2$$

B. Daya Pengerolan (rolling)

Selain gaya pada proses pengerolan, daya pengerolan juga harus diketahui. Data-data yang diperoleh sebagai berikut:

Jika kecepatan pengerolan V (m/dt) :

$$V = \frac{\pi . d_{roll} . n_{roll}}{60.1000} \dots\dots\dots \text{(Sularso, Elemen Mesin, hal.238)}$$

Dimana:

- Diameter roll (d_{Roll}) = 200 (mm)
- Putaran Roll (n_{Roll}) diambil kira-kira = 20 (rpm)

Sehingga:

$$V = \frac{3,14 \cdot 200(mm) \cdot 20(rpm)}{60 \cdot 1000}$$

$$= 0,021(m/dt) \approx 20 (mm)/dt$$

- Maka daya pengerolan (*rolling*) dapat dicari dengan rumus :

$$P_b = F_b \cdot V \dots\dots\dots(Watt)$$

Dimana:

P_b = daya pengerolan (Watt)

F_b = gaya pengerolan (N)

V = kecepatan pengerolan (m/dt)

- Sehingga :

$$P_b = 49404,5 \text{ N} \cdot 0,021 \text{ (m/dt)}$$

$$P_b = 1037,5 \text{ Watt} \rightarrow 1,04 \text{ kW}$$

- C. Waktu pengerolan t (dt), dapat menggunakan rumus:

$$t = h/V \dots\dots\dots(Frank W. Wilson, Fundamental of tool Design, hal 224)$$

Dimana :

h = Panjang benda kerja yang diroll = 1256 (mm) = 1,256m

V = Kecepatan Pengerolan (m/dt)

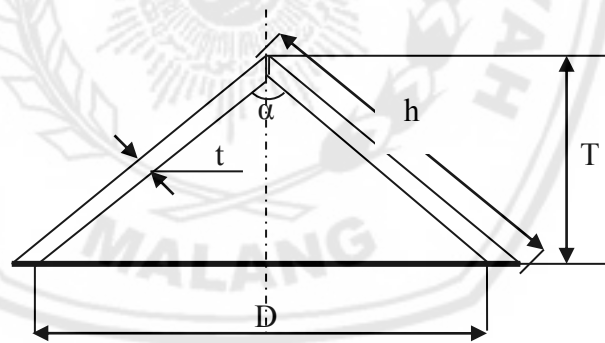
Jadi :

$$t = \frac{0,942(m)}{0,021(m/dt^2)} = 59,9 \text{ dt} \approx 1 \text{ menit}$$

3.5.5 Analisa Proses Pembuatan Tutup Co Boiler I

1. Perhitungan dimensi Plat baja yang dibutuhkan.

Bahan baku untuk pembuatan tutup ketel pada mulanya dipotong berbentuk persegi panjang. Untuk mengetahui dimensi plat baja ketel HI yang akan dibuat tutup boiler I, terlebih dahulu harus menghitung berapa diameter (\varnothing) plat baja ketel HI yang diperlukan. Karena akan dilakukan proses prngrolan terhadap bahan-baku plat baja untuk dibuat berbentuk kerucut, dengan dimensi sebagai-berikut:



Keterangan :

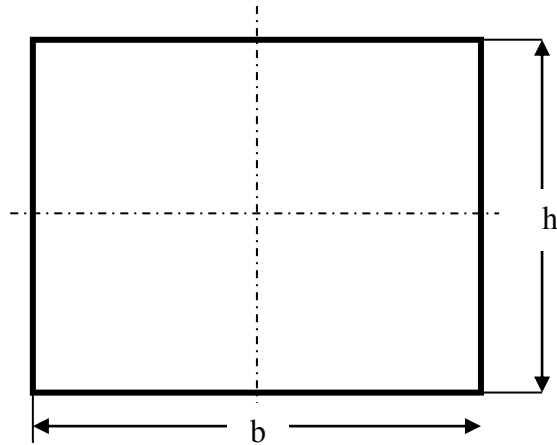
t = tebal plat = 6,5 (mm)

D = diameter dalam ketel = 200 (mm)

T = tinggi kerucut tutup boiler I = 75 (mm)

α = sudut kerucut. = $106,26^\circ$

$\frac{1}{2} \alpha$ = sudut kerucut. = $53,13^\circ$



Gambar 3.17 Dimensi bahan baku

- Dimensi plat baja yang dibutuhkan adalah $L_{\text{plat}} = b \cdot h$, dimana b dapat dicari dengan rumus:

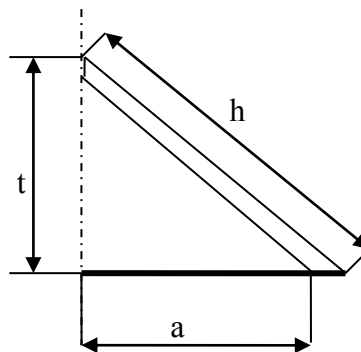
$$K_{\text{ling.}} = 2 \cdot \pi \cdot r$$

$$K_{\text{ling.}} = 2 \cdot (3,14) \cdot 100 \text{ (mm)}$$

$$K_{\text{ling.}} = 628 \text{ (mm)}$$

Jadi untuk b diambil 650 (mm)

- Sedangkan tinggi kerucut tutup boiler I (T) yang direncanakan = 75 (mm), maka untuk menghitung panjang plat (h) yang diperlukan dapat menggunakan rumus segitiga Pythagoras:



Sehingga dimensi sisi miring kerucut tutup boiler I adalah:

$$a^2 + t^2 = h^2$$

Dimana:

a = jari-jari tutup kerucut boiler I = 100(mm)

t = tinggi tutup kerucut boiler I = 75 (mm)

Maka:

$$h = \sqrt{a^2 + t^2}$$

$$h = \sqrt{100^2 + 75^2}$$

$$h = \sqrt{15625}$$

$$h = 125 \text{ (mm)}$$

- Maka panjang plat baja (h) yang dibutuhkan adalah 125 (mm) dilebihkan sedikit karena akan dilakukan proses pemotongan dan pengelasan, sehingga (h) menjadi 150 (mm), maka Luas keseluruhan plat baja (L_{Plat}) yang dibutuhkan untuk pembuatan tutup ketel I adalah:

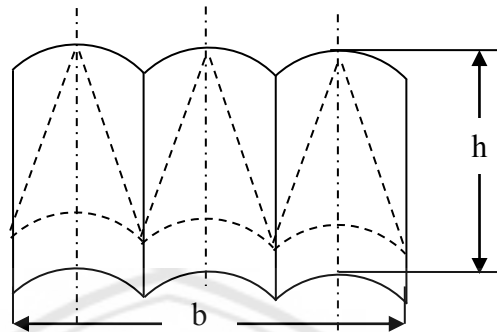
$$L_{\text{plat}} = b.h$$

$$L_{\text{plat}} = 650(\text{mm}).150(\text{mm})$$

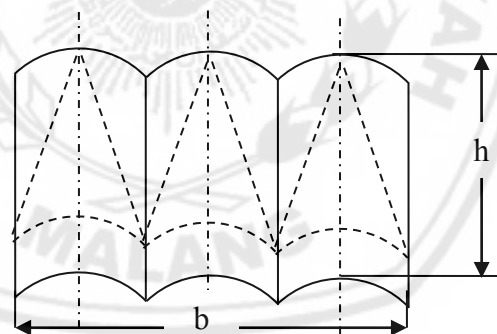
$$L_{\text{plat}} = 97500(\text{mm}^2)$$

- Selanjutnya bahan-baku plat baja tersebut akan diroll menjadi bentuk silinder dengan diameter 200(mm) (proses pengerolan akan dibahas pada poin 3).

- Plat yang telah diroll menjadi bentuk silinder akan dipotong menjadi 3 buah segitiga sama-kaki yang mempunyai alas dan bidang yang melengkung, seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



- Plat yang telah dipotong menjadi 3 buah segitiga sama-kaki yang mempunyai alas dan bidang yang melengkung tersebut kemudian disatukan dengan menggunakan pengelasan sampai berbentuk kerucut seperti ditunjukkan pada gambar:



2. Proses Pemotongan

Pemotongan bahan baku merupakan proses awal dalam pengerjaan permesinan. Dalam hal ini dipakai mesin Las karbit. Pada tahap ini bahan baku yang telah diperhitungkan dimensinya dipotong sesuai dengan kebutuhan. Pemotongan bahan-baku dilakukan dengan cara manual

menggunakan las karbit. Maka waktu pemotongan bahan baku (t_c), jika menggunakan rumus waktu pemotongan (t_c) pada Elemen Dasar Proses Pemesinan maka:

$$t_c = w / v_f \text{ (min)}$$

(Taufiq Rochim, 1985. *Teori dan Teknologi Permesinan*, hal :20)

Dimana :

$$\begin{aligned} w &= \text{Lebar Pemotongan benda Kerja} = (b+h) \text{ (mm)} \\ &= 628 \text{ (mm)} + 125 \text{ (mm)} \\ &= 753 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

V_f = kecepatan makan las diambil 200 (mm)/ min.

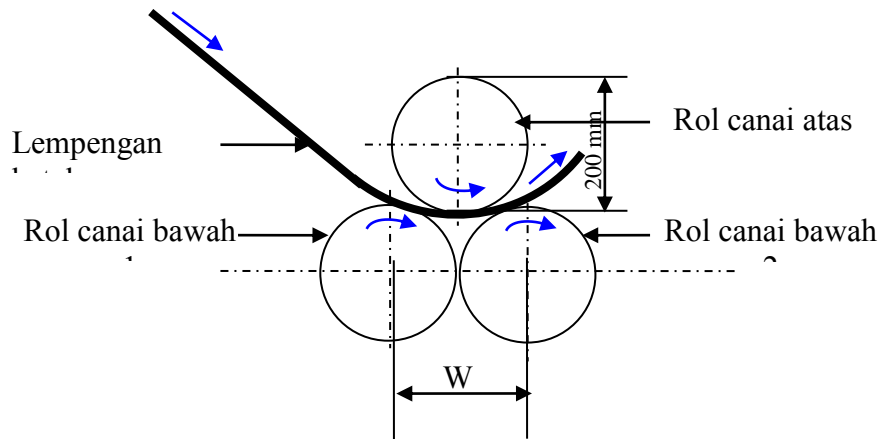
Maka :

$$\begin{aligned} t_c &= \frac{753 \text{ (mm)}}{200 \text{ (mm/min)}} \\ t_c &= 3,765 \text{ min} \approx 4 \text{ min} \end{aligned}$$

Jadi waktu pemotongan plat baja ketel HI untuk mendapatkan bahan baku sesuai dengan dimensi yang akan digunakan untuk membentuk tutup co boiler I diambil 4 min.

3. Proses Pengerolan (Rolling)

Proses pengerolan dengan menggunakan mesin canai ditunjukkan pada gambar 3.18, mencanai lempeng dilakukan dalam keadaan dingin.



Gambar 3.18 Sketsa Proses pengerolan tutup Co boiler I

A. Gaya pengerolan (F) :

Proses pengerolan dilakukan oleh operator dengan cara manual yaitu dengan menggerakkan stang pemutar untuk memutar rol-rol canai dalam melakukan proses pengerolan plat. Karena terjadi pelengkungan pada bahan-baku plat baja yang dirol, maka untuk menghitung gaya yang terjadi pada rol canai atas dalam proses pengerolan dapat digunakan rumus gaya pembengkokan (bending) yaitu:

$$F = \frac{K.L.S.t^2}{W} \text{ (N)}$$

(Frank.W. Wilson,.*Fundamentals of tool Desgn*, hal :222)

Dimana :

F = Gaya Rolling (kg/mm²)

K = Faktor Die (1,20–1,33) → diambil 1,33 (karena tebal bahan kurang dari 8mm)

L = Panjang benda kerja yang dirol (mm) = 628 (mm)

S = Tegangan tarik bahan baja ketel HI (N/mm^2) = 140 (N/mm^2)

t = Tebal benda kerja (mm) = 6,5 (mm)

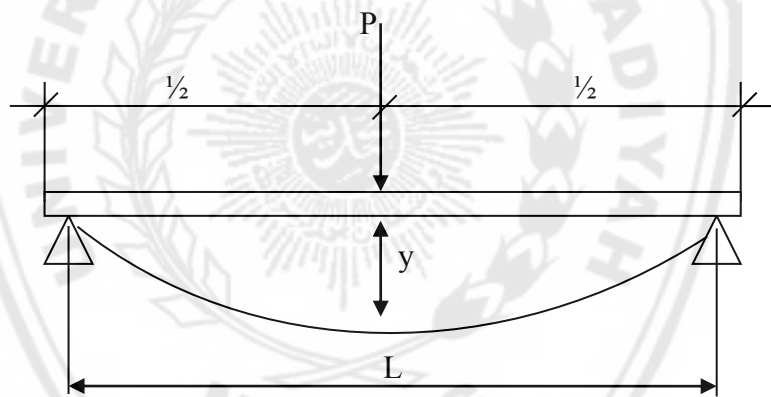
W = Jarak antara titik tengah kedua rol bawah (mm) = 200 (mm)

Sehingga :

$$F = \frac{1,33.628(\text{mm}).140(\text{N} / \text{mm}^2).6,5^2(\text{mm})}{200(\text{mm})}$$

$$F = 24702,223 \text{ N}$$

- Tekanan yang terjadi pada bahan (P):



$$P = \frac{48E.I.y}{L^3} \text{ (kg/mm)} \dots\dots\dots (\text{Catatan kuliah Statika Struktur,}$$

Sufiyanto,ST)

Dimana : P = gaya tekan (kg)

I = Inersia penampang bahan (mm^4)

y = Defleksi yang terjadi pada bahan akibat tekanan (mm)

L = Jarak antar titik tengah rol bawah (mm) = 200 (mm)

- Dimana :

$$I = \frac{bd^3}{12} \dots\dots\dots(Rimmer, Mekanika Terapan hal.41)$$

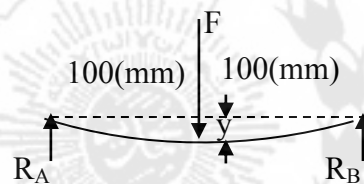
b = Panjang dalam kerucut yang akan dibuat (mm) = 125 (mm)

d = tebal plat yang dirol (mm) = 6,5 (mm)

$$\text{Jadi, } I = \frac{125(mm) \cdot 6,5(mm)^3}{12}$$

$$I = 440,104 \text{ (mm}^4\text{)}$$

Gaya reaksi (R_A dan R_B) yang terjadi pada rol canai bawah 1 dan rol bawah 2 terhadap plat baja yang dirol adalah:



Resultante dari ketiga gaya tersebut adalah nol, sehingga momen gaya (M) terhadap titik sembarang, juga nol, dengan meninjau momen terhadap titik A, maka R_B adalah:

$$0 = R_A \cdot 0 + (F \cdot 100) + (R_B \cdot 200) \dots\dots(Hofsteede, Mekanika Teknik hal 68)$$

$$R_B \cdot 200 = R_A \cdot 0 + (24702,223 \text{ N} \cdot 100)$$

$$R_B = \frac{24702223}{200}$$

$$R_B = 12351,112 \text{ N}$$

Dari gambar dapat diketahui bahwa $R_A = R_B$.

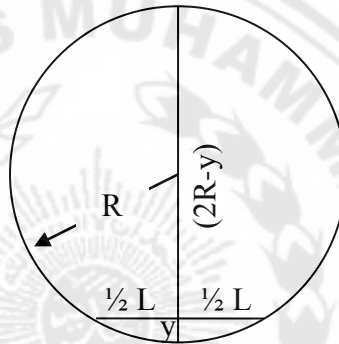
Maka: $M_B = R_B \cdot 100 \text{ (mm)}$

$$M_B = 12351,112 \text{ N} \cdot 100 \text{ (mm)}$$

$$M_B = 1235111,15 \text{ Nmm}$$

$$M_A = M_B$$

Dan: y = defleksi yang terjadi pada plat baja yang dirol, dapat dicari dengan menggunakan sifat-sifat perpotongan tali busur lingkaran:



$$R = \frac{L^2}{8y} \text{ (mm)} \dots\dots\dots (\text{Rimmer, Mekanika Terapan hal.45})$$

- Diketahui: Diameter kerucut yang akan dibuat = 200(mm) maka $R = 100 \text{ (mm)}$.

$$y = \frac{L^2}{8 \cdot R} \text{ (mm)}$$

Sehingga:

$$y = \frac{200^2}{8 \cdot 100} = 50 \text{ (mm)}$$

- Sedangkan nilai Modulus Elastisitas bahan (E), untuk baja yaitu 210000 N/mm^2 . (dari tabel nilai modulus Elastisitas bahan, G..Niemann, Elemen Mesin Jilid 1, hal.76)
- Sehingga Tekanan yang terjadi pada bahan (P):

$$P = \frac{48.E.I.y}{L^3} (\text{N/mm}^2)$$

$$P = \frac{48.210000(\text{N/mm}^2).440,104(\text{mm}^4).50(\text{mm})}{200(\text{mm})^3}$$

$$P = 27726,552 \text{ N/mm}^2$$

B. Daya Pengerolan (rolling)

Selain gaya pada proses pengerolan, daya pengerolan juga harus diketahui. Data-data yang diperoleh sebagai berikut:

Jika kecepatan pengerolan V (m/dt) :

$$V = \frac{\pi . d_{\text{Roll}} . n_{\text{roll}}}{60.1000} \dots\dots\dots (\text{Sularso, Elemen Mesin, hal.238})$$

Dimana:

- Diameter roll (d_{Roll}) = 200 (mm)
- Putaran Roll (n_{Roll}) diambil kira-kira = 20 (rpm)

Sehingga:

$$V = \frac{3,14.200(\text{mm}).20(\text{rpm})}{60.1000} = 0,021(\text{m/dt}) \approx 20 (\text{mm})/\text{dt}$$

- Maka daya pengerolan (*rolling*) dapat dicari dengan rumus :

$$P_b = F_b \cdot V \dots\dots\dots (\text{Watt})$$

Dimana:

P_b = daya pengerolan (Watt)

F_b = gaya pengerolan (N)

V = kecepatan pengerolan (m/dt)

Sehingga :

$$P_b = 24702,223 \text{ N} \cdot 0,021 \text{ (m/dt)}$$

$$P_b = 518,75 \text{ Watt} \rightarrow 0,52 \text{ kW}$$

- C. Waktu pengerolan t (dt), dapat menggunakan rumus:

$$t = h/V \dots\dots\dots (\text{Frank W. Wilson, Fundamental of tool Design, hal 224})$$

Dimana :

h = Panjang benda kerja yang diroll = 628 (mm) = 0,628m

V = Kecepatan Pengerolan (m/dt)

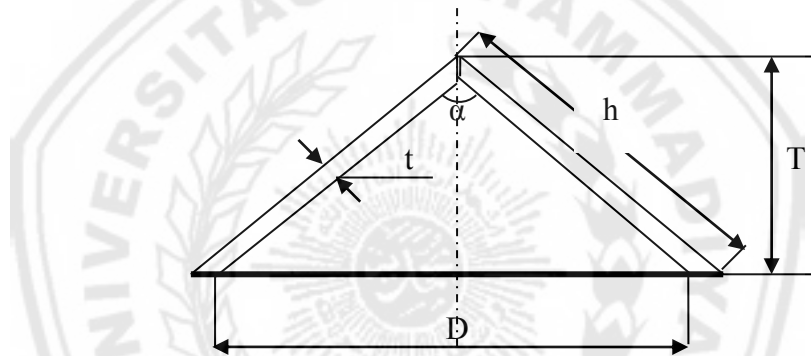
Jadi :

$$t = \frac{0,628(m)}{0,021(m/dt)} = 29,9 \text{ dt} \approx 30 \text{ dt}$$

3.5.6 Analisa Proses Pembuatan Tutup Boiler II

1. Perhitungan dimensi Plat baja yang dibutuhkan.

Bahan baku untuk pembuatan tutup ketel pada mulanya dipotong berbentuk persegi panjang, Untuk mengetahui dimensi plat baja ketel HI yang akan dibuat tutup boiler I, terlebih dahulu harus menghitung berapa diameter (\emptyset) plat baja ketel HI yang diperlukan. Karena akan dilakukan proses prngrolan terhadap bahan-baku plat baja untuk dibuat berbentuk kerucut, dengan dimensi sebagai-berikut:



Keterangan :

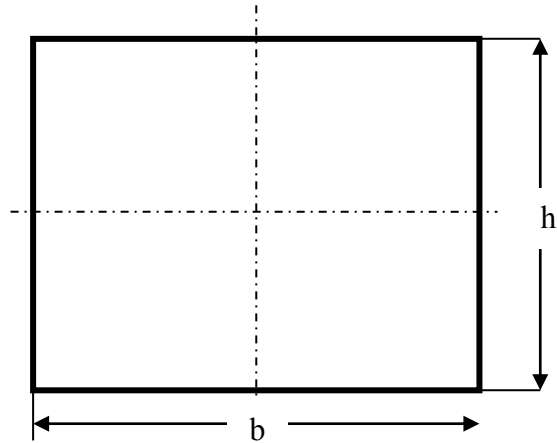
t = tebal plat = 6,5 (mm)

D = diameter dalam ketel = 300 (mm)

h = tinggi kerucut tutup boiler I = 70 (mm)

α = sudut kerucut. = $106,26^\circ$

$\frac{1}{2} \alpha$ = sudut kerucut. = $53,13^\circ$



Gambar 3.19 Dimensi bahan baku

- Dimensi plat baja yang dibutuhkan adalah $L_{\text{plat}} = b \cdot h$, dimana b dapat dicari dengan rumus:

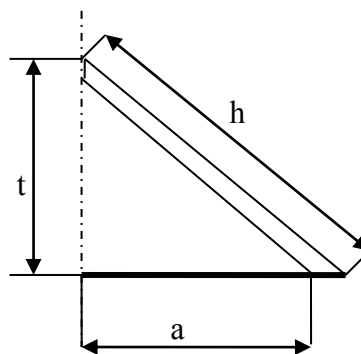
$$K_{\text{ling}} = 2 \cdot \pi \cdot r$$

$$K_{\text{ling}} = 2 \cdot (3,14) \cdot 150 \text{ (mm)}$$

$$K_{\text{ling}} = 942 \text{ (mm)}$$

Jadi untuk b diambil 960 (mm)

- Sedangkan tinggi kerucut tutup boiler I (T) yang direncanakan = 70 (mm), maka untuk menghitung panjang plat (h) yang diperlukan dapat menggunakan rumus segitiga Pythagoras:



Sehingga dimensi sisi miring kerucut tutup boiler I adalah:

$$a^2 + t^2 = h^2$$

Dimana:

a = jari-jari tutup kerucut boiler I = 150(mm)

t = tinggi tutup kerucut boiler I = 70 (mm)

Maka:

$$h = \sqrt{a^2 + t^2}$$

$$h = \sqrt{150^2 + 70^2}$$

$$h = \sqrt{27400}$$

$$h = 165,5 \text{ (mm)}$$

- Maka panjang plat baja (h) yang dibutuhkan adalah 165,5 (mm) dilebihkan sedikit karena akan dilakukan proses pemotongan dan pengelasan, sehingga (h) menjadi 175 (mm), maka Luas keseluruhan plat baja (L_{Plat}) yang dibutuhkan untuk pembuatan tutup ketel I adalah:

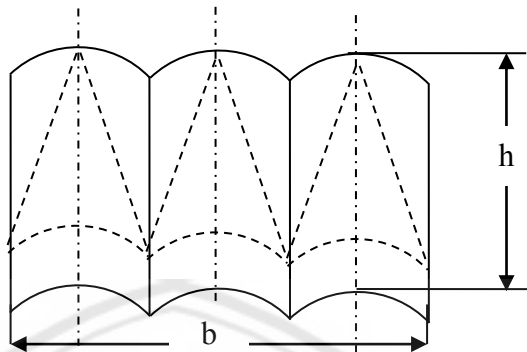
$$L_{\text{plat}} = b.h$$

$$L_{\text{plat}} = 960(\text{mm}).175(\text{mm})$$

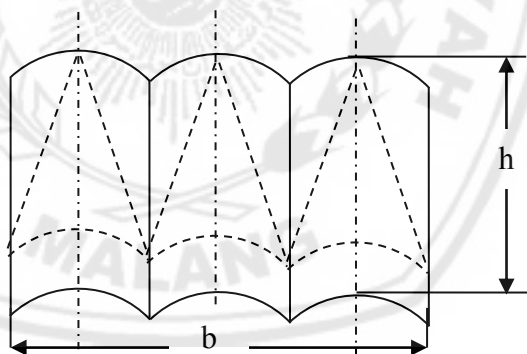
$$L_{\text{plat}} = 168000 \text{ (mm}^2\text{)}$$

- Selanjutnya bahan-baku plat baja tersebut akan diroll menjadi bentuk silinder dengan diameter 200(mm) (proses pengerolan akan dibahas pada poin 3).

- Plat yang telah diroll menjadi bentuk silinder akan dipotong menjadi 3 buah segitiga sama-kaki yang mempunyai alas dan bidang yang melengkung, seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



- Plat yang telah dipotong menjadi 3 buah segitiga sama-kaki yang mempunyai alas dan bidang yang melengkung tersebut kemudian disatukan dengan menggunakan pengelasan sampai berbentuk kerucut seperti ditunjukkan pada gambar:



2. Proses Pemotongan

Pemotongan bahan baku merupakan proses awal dalam pengerjaan permesinan. Dalam hal ini dipakai mesin Las karbit. Pada tahap ini bahan baku yang telah diperhitungkan dimensinya dipotong sesuai dengan kebutuhan. Pemotongan bahan-baku dilakukan dengan cara manual

menggunakan las karbit. Maka waktu pemotongan bahan baku (t_c), jika menggunakan rumus waktu pemotongan (t_c) pada Elemen Dasar Proses Pemesinan maka:

$$t_c = w / v_f \text{ (min)}$$

(Taufiq Rochim, 1985. *Teori dan Teknologi Permesinan*, hal :20)

Dimana :

$$\begin{aligned} w &= \text{Lebar Pemotongan benda Kerja} = (b+h) \text{ (mm)} \\ &= 942 \text{ (mm)} + 165,5 \text{ (mm)} \\ &= 1107,5 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

V_f = kecepatan makan las diambil 200 (mm)/ min.

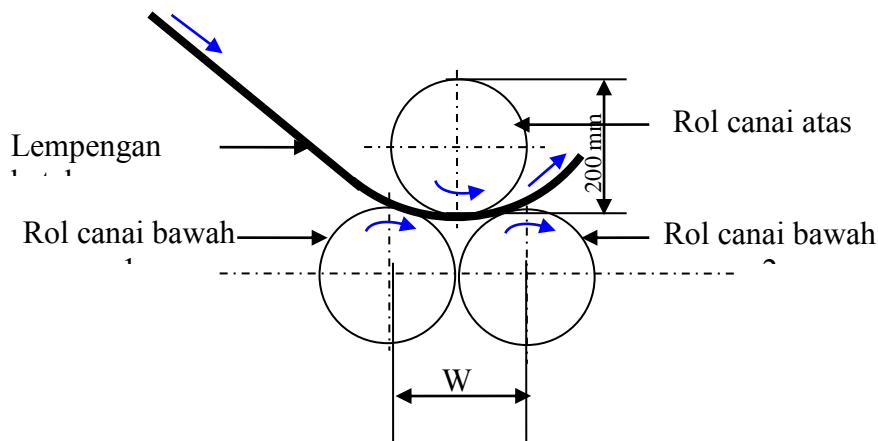
Maka :

$$\begin{aligned} t_c &= \frac{1107,5 \text{ (mm)}}{200 \text{ (mm/min)}} \\ t_c &= 5,54 \text{ min} \approx 6 \text{ min} \end{aligned}$$

Jadi waktu pemotongan plat baja ketel HI untuk mendapatkan bahan baku sesuai dengan dimensi yang akan digunakan untuk membentuk tutup co boiler I diambil 6 min.

3. Proses Pengerolan (Rolling)

Proses pengerolan dengan menggunakan mesin canai ditunjukkan pada gambar 3.20, mencanai lempeng dilakukan dalam keadaan dingin.



Gambar 3.20 Sketsa Proses pengerolan tutup boiler II

A. Gaya pengerolan (F) :

Proses pengerolan dilakukan oleh operator dengan cara manual yaitu dengan menggerakkan stang pemutar untuk memutar rol-rol canai dalam melakukan proses pengerolan plat. Karena terjadi pelengkungan pada bahan-baku plat baja yang dirol, maka untuk menghitung gaya yang terjadi pada rol canai atas dalam proses pengerolan dapat digunakan rumus gaya pembengkokan (bending) yaitu:

$$F = \frac{K.L.S.t^2}{W} \text{ (N)}$$

(Frank.W. Wilson,.*Fundamentals of tool Desgn*, hal :222)

Dimana :

F = Gaya Rolling (kg/mm²)

K = Faktor Die (1,20–1,33) → diambil 1,33 (karena tebal bahan kurang dari 8mm)

L = Panjang benda kerja yang dirol (mm) = 942 (mm)

S = Tegangan tarik bahan baja ketel HI (N/mm^2) = 140 (N/mm^2)

t = Tebal benda kerja (mm) = 6,5 (mm)

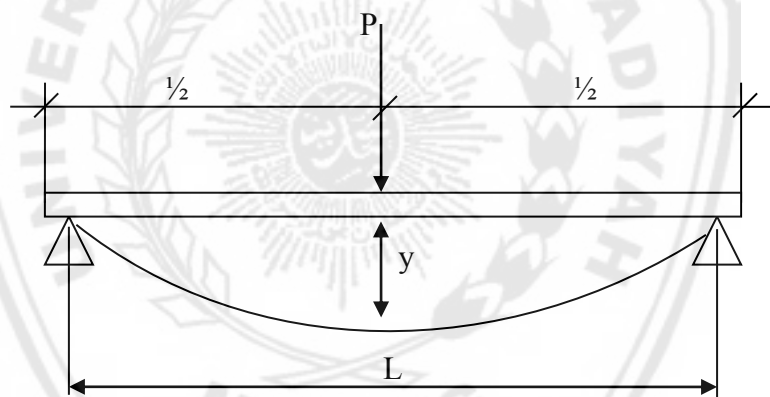
W = Jarak antara titik tengah kedua rol bawah (mm) = 200 (mm)

Sehingga :

$$F = \frac{1,33.942(\text{mm}).140(\text{N/mm}^2).6,5^2(\text{mm})}{200(\text{mm})}$$

$$F = 37053,34 \text{ N}$$

- Tekanan yang terjadi pada bahan(P):



$$P = \frac{48EI.y}{L^3} \quad (\text{kg/mm}) \dots\dots\dots (\text{Catatan kuliah Statika Struktur,}$$

Sufiyanto,ST)

Dimana : P = gaya tekan (kg)

I = Inersia penampang bahan (mm^4)

y = Defleksi yang terjadi pada bahan akibat tekanan (mm)

L = Jarak antar titik tengah rol bawah (mm) = 200 (mm)

- Dimana :

$$I = \frac{bd^3}{12} \dots\dots\dots(\text{Rimmer, Mekanika Terapan hal.41})$$

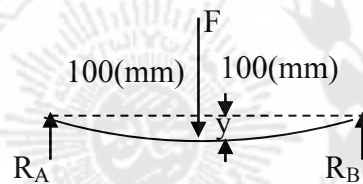
b = Panjang dalam kerucut yang akan dibuat (mm) = 165,5 (mm)

d = tebal plat yang dirol (mm) = 6,5 (mm)

$$\text{Jadi, } I = \frac{165,5(\text{mm}) \cdot 6,5(\text{mm})^3}{12}$$

$$I = 582,7 (\text{mm}^4)$$

Gaya reaksi (R_A dan R_B) yang terjadi pada rol canai bawah 1 dan rol bawah 2 terhadap plat baja yang dirol adalah:



Resultante dari ketiga gaya tersebut adalah nol, sehingga momen gaya (M) terhadap titik sembarang, juga nol, dengan meninjau momen terhadap titik A, maka R_B adalah:

$$0 = R_A \cdot 0 + (F \cdot 100) + (R_B \cdot 200) \dots\dots(\text{Hofsteede, Mekanika Teknik hal 68})$$

$$R_B \cdot 200 = R_A \cdot 0 + (37053,34 \text{ N} \cdot 100)$$

$$R_B = \frac{3705334}{200}$$

$$R_B = 18526,67 \text{ N}$$

Dari gambar dapat diketahui bahwa $R_A = R_B$.

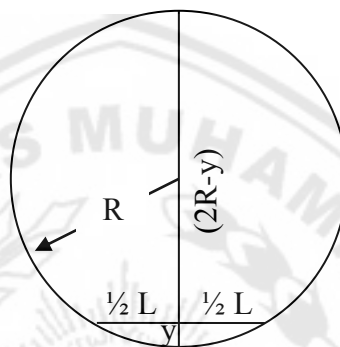
Maka: $M_B = R_B \cdot 100 \text{ (mm)}$

$$M_B = 37053,34 \text{ N} \cdot 100 \text{ (mm)}$$

$$M_B = 3705334 \text{ Nmm}$$

$$M_A = M_B$$

Dan: y = defleksi yang terjadi pada plat baja yang dirol, dapat dicari dengan menggunakan sifat-sifat perpotongan tali busur lingkaran:



$$R = \frac{L^2}{8y} \text{ (mm)} \dots\dots\dots (\text{Rimmer, Mekanika Terapan hal.45})$$

- Diketahui: Diameter kerucut yang akan dibuat = 300(mm) maka $R = 150 \text{ (mm)}$.

$$y = \frac{L^2}{8.R} \text{ (mm)}$$

$$\text{Sehingga: } y = \frac{200^2}{8.150} = 33,3 \text{ (mm)}$$

- Sedangkan nilai Modulus Elastisitas bahan (E), untuk baja yaitu 210000 N/mm^2 . (dari tabel nilai modulus Elastisitas bahan, G.Niemann, Elemen Mesin Jilid 1, hal.76)

- Sehingga Tekanan yang terjadi pada bahan (P):

$$P = \frac{48.E.I.y}{L^3} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$P = \frac{48.210000(N/mm^2).582,7(mm^4).33,3(mm)}{200(mm)^3}$$

$$P = 24448,93 \text{ kg/mm}^2$$

B. Daya Pengerolan (rolling)

Selain gaya pada proses pengerolan, daya pengerolan juga harus diketahui. Data-data yang diperoleh sebagai berikut:

Jika kecepatan pengerolan V (m/dt) :

$$V = \frac{\pi \cdot d_{Roll} \cdot n_{roll}}{60.1000} \dots\dots\dots (Sularso, Elemen Mesin, hal.238)$$

Dimana:

- Diameter roll (d_{Roll}) = 200 (mm)
- Putaran Roll (n_{Roll}) diambil kira-kira = 20 (rpm)

Sehingga:

$$V = \frac{3,14.200(mm).20(rpm)}{60.1000}$$

$$= 0,021(m/dt) \approx 20 (mm)/dt$$

- Maka daya pengerolan (*rolling*) dapat dicari dengan rumus :

$$P_b = F_b \cdot V \dots\dots\dots (\text{Watt})$$

Dimana:

P_b = daya pengerolan (Watt)

F_b = gaya pengerolan (N)

V = kecepatan pengerolan (m/dt)

Sehingga :

$$P_b = 37053,34 \text{ N} \cdot 0,021 \text{ (m/dt)}$$

$$P_b = 778,120 \text{ Watt} \rightarrow 0,78 \text{ kW}$$

C. Waktu pengerolan t (dt), dapat menggunakan rumus:

$$t = h/V \dots\dots\dots (\text{Frank W. Wilson, Fundamental of tool Design, hal 224})$$

Dimana :

h = Panjang benda kerja yang diroll = 942 (mm) = 0,942 m

V = Kecepatan Pengerolan (m/dt)

Jadi :

$$t = \frac{0,942(m)}{0,021(m/dt)} = 44,86 \text{ dt} \approx 45 \text{ dt}$$

3.5.7 Analisa Proses Gurdi

Untuk proses gurdi, pengerjaan yang dilakukan adalah pada boiler I, co boiler, boiler II dan pada tutup boiler, yaitu sebagai tempat pemasangan pipa-pipa, baik untuk tempat pemasangan pipa air maupun untuk pipa api,

serta untuk sebagai tempat pemasangan baut-baut pengikat. Kedalaman penggurdian = 13 mm

1. Kecepatan potong (v)

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ (m/min)}$$

Dimana:

$$d = \text{diameter gudi} = 13(\text{mm})$$

$$n = \text{putaran poros utama} = 450 \text{ (rpm)}$$

Sehingga:

$$v = \frac{\pi \cdot 13(\text{mm}) \cdot 450(\text{rpm})}{1000}$$

$$v = 18,4 \text{ (m/min)}$$

2. Kecepatan makan (v_f)

$$v_f = f \cdot n \text{ (mm/min)}$$

Dimana:

$$f = 0,05 \text{ (mm/put)}$$

Sehingga:

$$v_f = 0,05 \text{ (mm/put)} \cdot 450 \text{ (rpm)}$$

$$v_f = 22,5 \text{ (mm/min)}$$

3. Waktu pemotongan (t_c)

$$t_c = l_t / v_f$$

Dimana:

$$l_t = l_v + l_w + l_n \text{ (mm)}$$

$$l_n \geq (d / 2) / \tan k_r$$

$$k_r = \text{sudut potong utama} = 59^\circ$$

$$l_n \geq (13 / 2) / \tan 59^\circ$$

$$l_n \geq 4,88 \text{ (mm)}$$

$$l_v = \text{panjang permukaan benda kerja ke pangkal pahat} = 3,9 \text{ mm}$$

$$l_w = \text{panjang pemotongan benda kerja} = 13 \text{ mm}$$

$$k_r = \text{sudut potong utama} = 59^\circ$$

$$l_t = 3,9 \text{ (mm)} + 13 \text{ (mm)} + 4,88 \text{ (mm)}$$

$$= 21,78 \text{ (mm)}$$

Sehingga:

$$t_c = \frac{21,78 \text{ (mm)}}{22,5 \text{ (mm/min)}}$$

$$t_c = 0,97 \text{ (min)}$$

Untuk 1 kali proses penggurdian memerlukan waktu 0,97 (min), karena untuk keseluruhan pengerjaan yaitu dari boiler I, co boiler, boiler II dan tutup ketel diperlukan 8 kali proses penggurdian maka:

$$0,97 \text{ (min)} \times 8 = 7,76 \text{ (min)}$$

3.5.8 Analisa Proses Pengelasan

Proses pengelasan dilakukan pada pengerjaan sambungan plat-plat supaya dapat terbentuk drum boiler I, co boiler, boiler 2 dan untuk membentuk plat-plat yang telah diroling supaya dapat membentuk tutup ketel dengan model kerucut.

1. Daya listrik

$$N = \text{tegangan listrik} = 78 \text{ (volt)}$$

$$I = \text{kuat arus} = 80 \text{ (A)}$$

$$\text{Cos } \theta = 0,8$$

Sehingga

$$\begin{aligned} N &= 78 \text{ (volt)} \cdot 80 \text{ (A)} \cdot 0,8 \\ &= 4,9 \text{ Kw} \end{aligned}$$

2. Panas yang ditimbulkan

$$H = E \cdot I \cdot t \text{ (joule)}$$

Dimana :

$$E = \text{tegangan keluaran dari mesin} = 78 \text{ (volt)}$$

$$I = \text{kuat arus} = 80 \text{ (A)}$$

$$t = \text{waktu} = 60 \text{ (dt)}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} H &= 78 \text{ (volt)} \cdot 80 \text{ (A)} \cdot 60 \text{ (dt)} \\ &= 374400 \text{ (joule)} \\ &= 374,4 \text{ Kkal} \end{aligned}$$

3. Tegangan Pengelasan (σ_t) pada Boiler I:

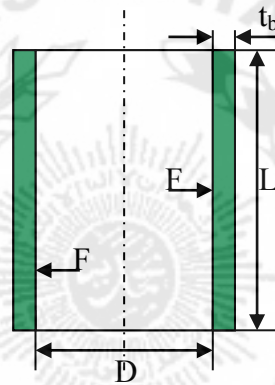
$$\sigma_t = \frac{F}{(a.l_n)}$$

(Pedoman Praktikum Proses Produksi Las, Jurusan Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Malang, hal. 101)

Dimana:

σ_t = Tegangan Pengelasan (N)

F = Tekanan yang bekerja pada konstruksi las (N/mm²)



Yaitu: $F = D.L.p$

Diketahui: D = Diameter boiler = 400mm

L = Tinggi boiler = 600 mm

p = 3 atm = $3 \cdot 10^5$ N/m² = 0,3 N/mm²

Maka:

$F = 400(\text{mm}) \cdot 600(\text{mm}) \cdot 0,3 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

$F = 72000 \text{ N}$

a = Tebal Plat (mm) = 4 (mm)

ln = Panjang Pengelasan = tinggi boiler = 600mm

Maka Tegangan Pengelasan (σ_t)

$$\sigma_t = \frac{72000}{4(mm).600(mm)} = 30 \text{ N/mm}^2$$

Sehingga:

$$\text{Tegangan Pengelasan } (\sigma_t) = 30 \text{ N/mm}^2 > \text{Tegangan kerja} = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

4. Tegangan Pengelasan (σ_t) pada co Boiler I:

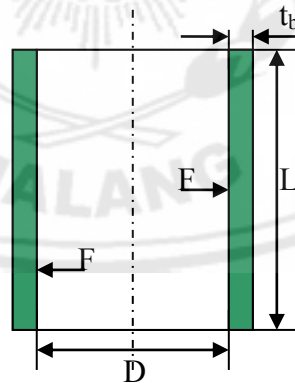
$$\sigma_t = \frac{F}{(a.l_n)}$$

(Pedoman Praktikum Proses Produksi Las, Jurusan Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Malang, hal. 101)

Dimana:

σ_t = Tegangan Pengelasan (N)

F = Tekanan yang bekerja pada konstruksi las (N/mm²)



Yaitu: $F = D.L.p$

Diketahui: D = Diameter boiler = 200mm

L = Tinggi boiler = 330mm

p = tekanan kerja ketel = 0,3 N/mm²

Maka:

$$F = 200(\text{mm}) \cdot 330(\text{mm}) \cdot 0,3(\text{N/mm}^2)$$

$$F = 19800 \text{ N}$$

$$a = \text{Tebal Plat (mm)} = 4 \text{ (mm)}$$

$$l_n = \text{Panjang Pengelasan} = \text{tinggi boiler} = 330\text{mm}$$

Maka, Tegangan Pengelasan (σ_t)

$$\sigma_t = \frac{19800}{4(\text{mm}) \cdot 330(\text{mm})} = 15 \text{ N/mm}^2$$

Sehingga:

$$\text{Tegangan Pengelasan } (\sigma_t) = 15\text{N/mm}^2 > \text{Tegangan kerja} = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

5. Tegangan Pengelasan (σ_t) pada Boiler II :

$$\sigma_t = \frac{F}{(a \cdot l_n)}$$

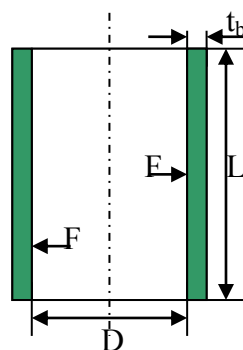
(Pedoman Praktikum Proses Produksi Las, Jurusan Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Malang, hal. 101)

Dimana:

$$\sigma_t = \text{Tegangan Pengelasan (N)}$$

$$F = \text{Tekanan yang bekerja pada konstruksi las (N/mm}^2)$$



Yaitu: $F = D.L.p$

Diketahui: $D = \text{Diameter boiler} = 300\text{mm}$

$L = \text{Tinggi boiler} = 450\text{mm}$

$p = \text{tekanan kerja ketel} = 0,3 \text{ N/mm}^2$

Maka:

$$F = 300(\text{mm}).450(\text{mm}).0,3(\text{N/mm}^2)$$

$$F = 40500 \text{ N}$$

$a = \text{Tebal Plat (mm)} = 4 \text{ (mm)}$

$l_n = \text{Panjang Pengelasan} = \text{tinggi boiler} = 450\text{mm}$

Maka Tegangan Pengelasan (σ_t)

$$\sigma_t = \frac{40500}{4(\text{mm}).450(\text{mm})} = 22,5 \text{ N/mm}^2$$

Sehingga:

Tegangan Pengelasan (σ_t) = $22,5 \text{ N/mm}^2 > \text{Tegangan kerja} = 0,3 \text{ N/mm}^2$

6. Tegangan Pengelasan (σ_t) pada Tutup Boiler I:

$$\sigma_t = \frac{F}{(a.l_n)}$$

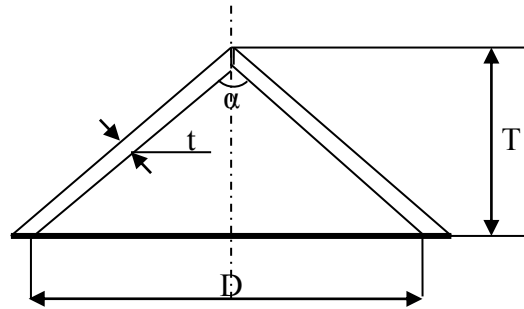
(Pedoman Praktikum Proses Produksi Las, Jurusan Teknik Mesin.

Universitas Muhammadiyah Malang, hal. 101)

Dimana:

$\sigma_t = \text{Tegangan Pengelasan (N)}$

$F = \text{Tekanan yang bekerja pada konstruksi las (N/mm}^2)$



Yaitu: $F = D.L.p$

Diketahui: $D = \text{Diameter tutup boiler} = 400\text{mm}$

$L = \text{Tinggi kerucut tutup boiler} = 90\text{mm}$

$p = \text{tekanan kerja ketel} = 0,3 \text{ N/mm}^2$

Maka:

$$F = 400(\text{mm}).90(\text{mm}).0,3(\text{N/mm}^2)$$

$$F = 10800 \text{ N}$$

$$a = \text{Tebal Plat (mm)} = 6,5 \text{ (mm)}$$

$$l_n = \text{Panjang Pengelasan (h)} = h = 219,32 \text{ (mm)}$$

Maka Tegangan Pengelasan (σ_t)

$$\sigma_t = \frac{10800}{6,5(\text{mm}).219,32(\text{mm})} = 1,58 \text{ N/mm}^2$$

Sehingga:

$$\text{Tegangan Pengelasan } (\sigma_t) = 1,58 \text{ N/mm}^2 > \text{Tegangan kerja} = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

7. Tegangan Pengelasan (σ_t) pada Tutup co Boiler I:

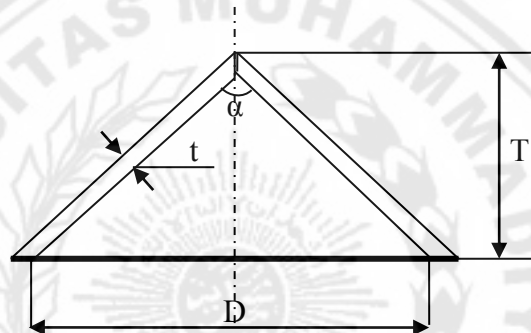
$$\sigma_t = \frac{F}{(a.l_n)}$$

(Pedoman Praktikum Proses Produksi Las, Jurusan Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Malang, hal. 101)

Dimana:

σ_t = Tegangan Pengelasan (N)

F = Tekanan yang bekerja pada konstruksi las (N/mm^2)



Yaitu: $F = D.L.p$

Diketahui: D = Diameter tutup boiler = 200mm

L = Tinggi krucut boiler = 75mm

p = tekanan kerja ketel = $0,3 \text{ N/mm}^2$

Maka:

$$F = 200(\text{mm}).75(\text{mm}).0,3(\text{N/mm}^2)$$

$$F = 4500 \text{ N}$$

$$a = \text{Tebal Plat (mm)} = 6,5 \text{ (mm)}$$

$$l_n = \text{Panjang Pengelasan (h)} = 125 \text{ (mm)}$$

Maka Tegangan Pengelasan (σ_t)

$$\sigma_t = \frac{4500}{6,5(mm).125(mm)} = 5,54 \text{ N/mm}^2$$

Sehingga:

$$\text{Tegangan Pengelasan } (\sigma_t) = 5,54 \text{ N/mm}^2 > \text{Tegangan kerja} = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

8. Tegangan Pengelasan (σ_t) pada Tutup Boiler II:

$$\sigma_t = \frac{F}{(a.l_n)}$$

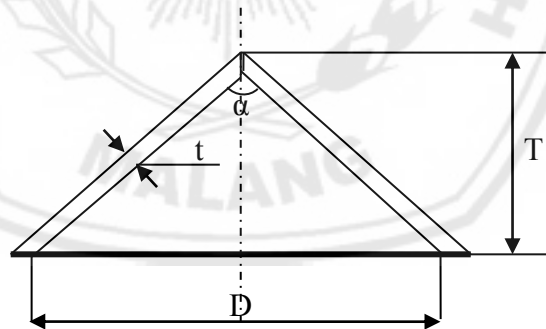
(Pedoman Praktikum Proses Produksi Las, Jurusan Teknik Mesin.

Universitas Muhammadiyah Malang, hal. 101)

Dimana:

σ_t = Tegangan Pengelasan (N)

F = Tekanan yang bekerja pada konstruksi las (N/mm²)



Yaitu: $F = D.L.p$

Diketahui: D = Diameter tutup boiler = 300mm

L = Tinggi krucut boiler = 70mm

p = tekanan kerja ketel = 0,3 N/mm²

Maka:

$$F = 300(\text{mm}) \cdot 70(\text{mm}) \cdot 0,3(\text{N/mm}^2)$$

$$F = 6300 \text{ N}$$

$$a = \text{Tebal Plat (mm)} = 6,5 \text{ (mm)}$$

$$l_n = \text{Panjang Pengelasan (h)} = 165,5 \text{ (mm)}$$

Maka Tegangan Pengelasan (σ_t)

$$\sigma_t = \frac{6300}{6,5(\text{mm}) \cdot 165,5(\text{mm})} = 5,86 \text{ N/mm}^2$$

Sehingga:

$$\text{Tegangan Pengelasan } (\sigma_t) = 5,86 \text{ N/mm}^2 > \text{Tegangan kerja} = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

3.5.9 Proses Pengerolan

Proses pengerolan pada proses pembuatan drum boiler I, co boiler I, boiler II, tutup boiler I, tutup co boiler I dan tutup boiler II merupakan suatu proses pembentukan lembar plat baja ketel HI menjadi bentuk silinder setengah lingkaran dengan menggunakan mesin canai yang berfungsi untuk melakukan pengerolan pada plat-plat baja ketel tersebut. Dimana pembulatan lempeng (plat) ini dikerjakan dengan memakai sebuah mesin canai lempeng. Mesin canai lempeng ini adalah sebuah pesawat, yang terdiri tiga buah roll – roll canai yang berat. Menganai lempeng dilakukan dalam keadaan dingin sedangkan operasional mesin canai dilakukan dengan cara manual. Sedangkan gaya (F) dan daya (P_b) yang diperlukan untuk proses

pengerolan pada masing-masing komponen ketel uap ini adalah seperti pada table 3.3 berikut:

Tabel 3.3 Rekapitulasi Hasil Analisa Perhitungan Proses Pengerolan

No.	Nama komponen	Diameter (mm)	Gaya Rolling (N)	Tekanan pada bahan (kg/mm^2)	Daya Rolling (Watt)	Waktu Pengerolan (dt)
1.	Boiler I	400	18709,4	100800	392,9	59,8
2.	Co boiler I	200	9354,7	110880	196,5	29,91
3.	Boiler II	300	14032,03	100699	294,7	29,9
4.	Tutup boiler I	400	49404,5	5424,3	1037,5	59,9
5.	Tutup co boiler	200	24702,2	27726,6	518,75	29,9
6.	Tutup boiler II	300	37053,34	24448,9	778,120	44,86

Dari table di atas dapat diketahui bahwa, semakin kecil diameter boiler yang akan dibuat maka semakin besar tekanan yang terjadi pada bahan, hal ini terjadi karena boiler dengan diameter yang kecil membutuhkan tekanan yang besar untuk membentuk defleksi yang terjadi pada bahan sehingga dihasilkan ukuran dengan diameter yang kecil, sedangkan gaya (F) dan daya (P_b) yang terjadi sebanding dengan besarnya diameter boiler yang akan dibuat.

3.5.10 Proses Penggurdian

Pada proses penggurdian, pengerjaan yang dilakukan adalah membuat lubang untuk tempat pemasangan pipa-pipa pada badan boiler, baik untuk tempat pipa api maupun sebagai tempat pipa air. Kedalaman penggurdian 13 (mm), dengan putaran poros utama 450 (rpm) didapatkan

kecepatan potong 22,5 (mm/min), serta waktu pemotongan 0,97 (min) untuk 1 kali proses penggurdian, karena yang diperlukan 8 kali proses penggurdian sehingga $0,97 \text{ (min)} \times 8 = 7,76 \text{ (min)}$.

3.5.11 Proses Pengelasan

Pada proses pengelasan, pengerjaan yang dilakukan adalah penyambungan plat baja ketel yang sudah diroling supaya menjadi berbentuk silinder. Pada proses pengelasan, dengan menggunakan tegangan listrik sebesar 78 (volt), serta kuat arus 80 (A) membutuhkan daya listrik sebesar $N = 4,9 \text{ kW}$, sedangkan panas yang dibutuhkan $H = 374,4 \text{ Kkal}$, untuk tegangan pengelasan (σ_t) yang terjadi ditunjukkan pada table 3.4 berikut:

Tabel 3.4 Rekapitulasi Hasil Analisa Perhitungan Tegangan Las

No.	Nama komponen	Tebal plat (mm)	tegangan pengelasan (N/mm ²)	tegangan kerja ketel (N/mm ²)
1.	Boiler I	4	30	0,3
2.	Co Boiler I	4	15	0,3
3.	Boiler II	4	22,5	0,3
4.	Tutup Boiler I	6,5	1,58	0,3
5.	Tutup Co Boiler I	6,5	5,54	0,3
6.	Tutup Boiler II	6,5	5,86	0,3